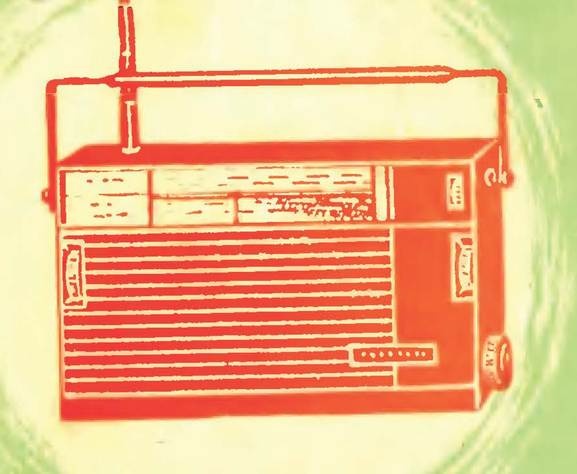
Е. Б. Гумеля



налаживание транзисторных приемников





МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 723

Е. Б. ГУМЕЛЯ

НАЛАЖИВАНИЕ ТРАНЗИСТОРНЫХ ПРИЕМНИКОВ

Издание 2-е, переработанное



«ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1971

ОГЛАВЛЕНИЕ

6Ф2 124
Г 76
УДК 621.396.62

Гумеля Е. Б.

Г 76 Налаживание транзисторных приемников, изд. 2-е, переработанное. М., «Энергия», 1971

48 с. с илл. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 723).

Изложены основные сведения по налаживанию транзисторных приемников в радиолюбительских условиях. Брошюра рассчитана на широкий круг радиолюбителей.

3-4-5
333-69 6Ф2.124

Гумеля Евгений Борисович

Налаживание транзисторных приемников

Редактор *Ю. Н. Рысев*
Обложка художника *А. М. Кувшинникова*
Технический редактор *Г. Г. Самсонова*
Корректор *Н. В. Лобанова*

Сдано в набор 15/V 1969 г. Подписано к печати 20/V 1971 г. Т-15932
Формат 84×108 1/32. Бумага типографская № 2.
Усл. печ. л. 2,52 Уч.-изд. л. 3,41
Тираж 150 000 экз. Цена 14 коп. Зак. 947

Издательство «Энергия», Москва, Ж-114, Шлюзовая наб., 10.

Владимирская типография Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР
Гор. Владимир, ул. Победы, д. 18-б

ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА МАЛОГАБАРИТНЫХ ПРИЕМНИКОВ

Зачастую приемник, собранный радиолюбителем по схеме совершенно безошибочно, все же оказывается неработоспособным или не соответствует заданным характеристикам. Несмотря на то что режимы транзисторов выбраны правильно и все детали исправны, из громкоговорителя приемника раздается шипение, капание, бульканье или свисты при настройке на радиостанцию. Как правило, это указывает на самовозбуждение отдельных каскадов или всего приемника в целом. Самовозбуждение обычно вызывается нежелательными, не предусмотренными принципиальной схемой паразитными связями между отдельными деталями схемы. Наличие этих связей: емкостных — через емкость между проводниками и деталями монтажа приемника; индуктивных — из-за взаимоиндукции между контурными катушками, дросселями и трансформаторами; активных — при протекании токов нескольких каскадов через общее сопротивление (резистор в общей цепи или внутреннее сопротивление источника питания) — может так видоизменить принципиальную схему приемника, что работа его станет неустойчивой или даже невозможной.

При близком расположении деталей их электрические или магнитные поля, взаимодействуя друг с другом, создают паразитные связи. Конфигурация электрических и магнитных полей наиболее важных деталей, входящих в схему приемника, приведена на рис. 1.

На принципиальных схемах приемников обычно не чертят возможные внутренние и внешние емкости, поля, возможные сопротивления деталей и приборов, входящих в схему. Например, схема усилителя высокой частоты с учетом наиболее влияющих на работу каскада параметров деталей выглядела бы так, как она показана на рис. 2, *б*. Такие схемы в радиотехнике называются эквивалентными; они позволяют наглядно разобраться в работе отдельных каскадов радиоаппаратуры. Разумеется, что подобное начертание схем приемников привело бы к сильному их усложнению, особенно в современных радиоприемных устройствах, принципиальные схемы которых и без того сложны.

Для того чтобы понять, какие паразитные связи могут создаваться между основными деталями, рассмотрим функциональные схемы приемника прямого усиления и супергетеродина. Возможные связи показаны линиями и обозначены римскими цифрами.

В приемнике прямого усиления, например с двумя каскадами усиления высокой частоты, детектором и двумя каскадами усиления низкой частоты (рис. 3), наиболее часто встречается емкостная связь *I*

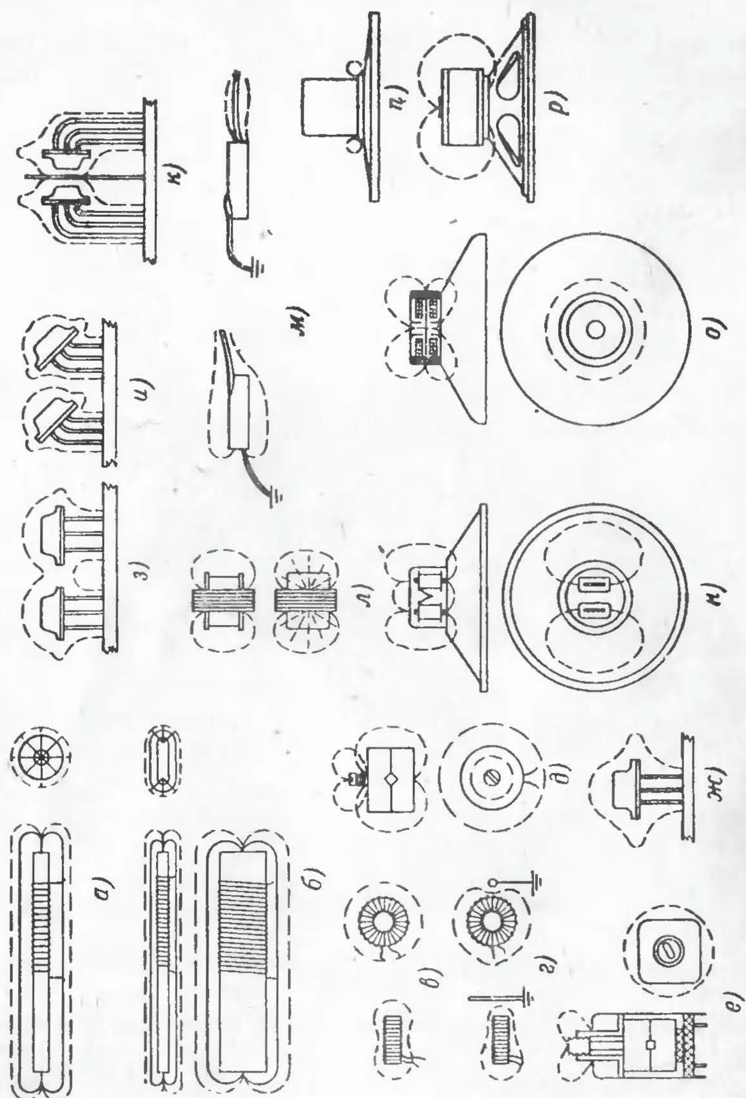
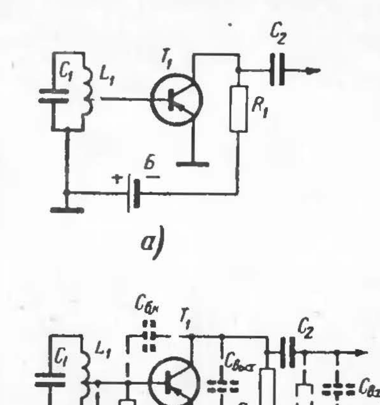


Рис. 1. Внешние поля деталей в приемнике

а, б—магнитных антенн; *в*—ферритового кольца; *г*—ферритового кольца с экраном; *д*—ферритового горшка; *е*—ферритового горшка в экране; *ж*—транзистора; *з*—двух транзисторов, расположенных вблизи; *и*—двух транзисторов, расположенных под углом; *к*—двух транзисторов, разделенных экраном; *л*—трансформатора; *м*—трубчатого конденсатора; *н*—громкоговорителя электромагнитного с двумя катушками; *о*—громкоговорителя электромагнитного с дифференциальной магнитной системой; *п*—динамического громкоговорителя с экранированным магнитом; *р*—громкоговорителя с кольцевым магнитом.

высокочастотного транзистора T_1 с контуром ферритовой антенны, приводящая к самовозбуждению первого каскада усиления высокой частоты. Эта связь может быть уменьшена или устранена отдалением первого транзистора от цепей ферритовой антенны на расстояние минимум 2—3 *см* или экранированием транзистора T_1 от тех же цепей статическим экраном. Связь *II* может быть емкостной или индуктивной. Если тракт усиления высокой частоты имеет резистивно-емкостную нагрузку, то связь будет емкостной и устранять ее надо будет, так же как и связь *I*, рациональным размещением и экранированием элементов нагрузки и транзисторов.



Если на выходе тракта усиления высокой частоты применен трансформатор или дроссель, связь будет индуктивной. Устранять такую связь надо экранированием трансформатора или дросселя магнитным экраном или установкой их на монтажной плате вне пределов магнитного поля ферритовой антенны.

Обычно считают, что катушка индуктивности, намотанная на кольцевом (тороидальном) сердечнике, не обладает внешним магнитным полем и что такие катушки можно располагать в непосредственной близости друг от друга. Это не совсем точно, потому что катушки с тороидальным сердечником действительно не обладают внешним полем только тогда, когда они равномерно намотаны по всей окружности сердечника и в непосредственной близости от них нет каких-либо предметов, искажающих форму их поля. И первое и второе обстоятельства, как правило, нарушаются радиолюбителями при изготовлении и размещении такого рода катушек и трансформаторов.

б)

Рис. 2. Схема каскада усиления высокой частоты.

а — принципиальная; *б* — эквивалентная; $C_{вх1}$ и $R_{вх1}$ — входные емкость и сопротивление транзистора; $C_{б.к}$— проходная емкость транзистора и монтажа; $C_{вых}$— выходная емкость транзистора; $C_{вх2}$ и $R_{вх2}$— входные емкость и сопротивление транзистора следующего каскада; R_i — внутреннее сопротивление батареи питания.

Связь *III* емкостная и может осуществляться через паразитную емкость коллектор транзистора T_1 — коллектор транзистора T_2 в случае применения высокочастотных транзисторов типов П401—П403 и близком расположении их друг к другу.

При плохой фильтрации токов высокой частоты в детекторном каскаде и близком расположении выходного трансформатора или электромагнитного громкоговорителя к магнитной антенне может возникнуть связь *IV* индуктивного характера. Пути борьбы с ней

ясны из причин ее возникновения: улучшение фильтрации тока высокой частоты в детекторном каскаде (применение детекторного каскада по схеме двухполупериодного выпрямления), шунтирование нагрузки детектора конденсатором 10 000—20 000 *пф*, уменьшение усиления высоких частот в каскадах усиления низкой частоты, вынесение выходного трансформатора за пределы магнитного поля ферритовой антенны, заземление корпуса громкоговорителя, правильная ориентация выходного трансформатора по отношению к магнитному полю антенны и т. д.

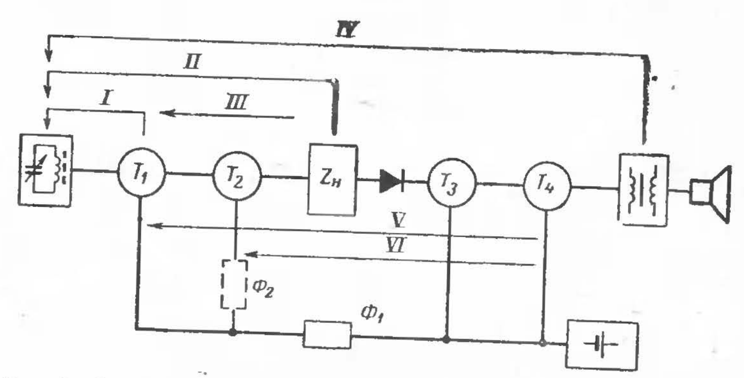


Рис. 3. Функциональная схема приемника прямого усиления с обозначением возможных паразитных связей.

Кроме перечисленных связей, возникающих в результате неправильного расположения деталей приемника относительно друг друга, возможны связи *V* и *VI* через общее активное сопротивление (1—100 *ом*) в цепях питания отдельных каскадов. Так, например, плохо отфильтрованные токи высокой частоты, усиливаясь в усилителе низкой частоты, могут проникнуть через цепи питания на вход транзисторов (T_1 или T_2) высокой частоты, что также может привести к самовозбуждению приемника по высокой частоте. Для устранения этого нежелательного явления в цепях питания применяют развязывающие фильтры, например фильтр $Ф_1$, который разрывает цепь *V* и *VI*, однако при недостаточных фильтрующих свойствах этого фильтра может понадобиться дополнительное звено фильтра, например $Ф_2$, в цепи второго высокочастотного транзистора.

При конструировании приемников супергетеродинного типа размещение деталей усложняется как из-за большего количества самих деталей, так и из-за большей возможности возникновения различных вредных связей в схеме приемника. Функциональная схема транзисторного приемника супергетеродинного типа (рис. 4) содержит входной и гетеродинный контуры, преобразователь частоты на транзисторе T_1, полосовой фильтр, состоящий, к примеру, из трех контуров, первый каскад усиления промежуточной частоты на транзисторе T_2 с его нагрузкой в виде контура или активного сопротивления, второй каскад усиления промежуточной частоты на транзисторе T_3 с его нагрузкой, как правило, в виде контура промежуточной частоты, детекторный каскад и три каскада усиления низкой частоты на транзисторах T_4—T_7, причем оконечный каскад выполнен по двухтактной схеме. По такой функциональной схеме изготовляются многие приемники, выпускаемые нашей промышленностью, например «Атмосфера», «Сокол», «Селга» и т. д.

Рассмотрим наиболее часто встречающиеся паразитные связи, приводящие к различного рода неполадкам в работе приемника.

Связь *I* — емкостная между секциями блока конденсаторов переменной емкости и индуктивная — между контурами. Во многих схемах преобразователей частоты с совмещенным гетеродином емкостная связь приводит к неустойчивой работе гетеродина, особенно в высокочастотной части диапазона, и к взаимозависимости настроек

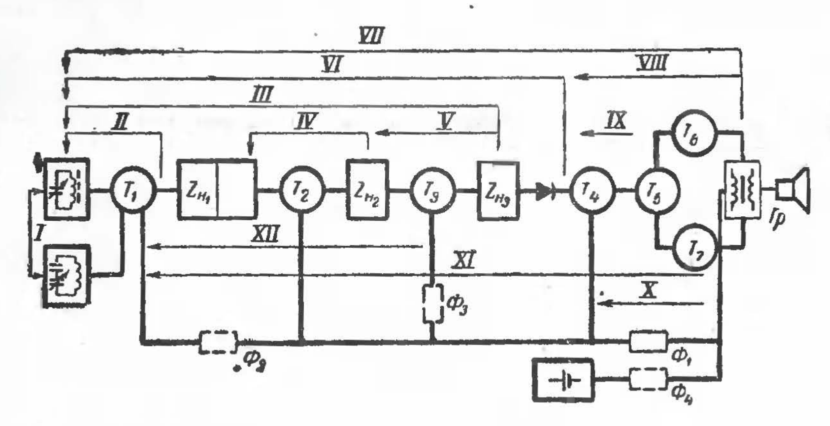


Рис. 4. Функциональная схема супергетеродинного приемника с обозначением возможных паразитных связей.

входного и гетеродинного контуров. К таким же последствиям приводит и индуктивная связь между входными и гетеродинными контурами. Последняя, как правило, легко устраняется правильным размещением гетеродинного контура по отношению к входному. Например, в случае выполнения входного контура в виде ферритовой антенны, магнитное поле которой значительно, следует катушку гетеродинного контура располагать так, чтобы их магнитные поля были взаимно перпендикулярны, или экранировать катушку контура гетеродина. Связи этого типа могут возникнуть, если нет экрана между секциями блока конденсаторов переменной емкости или если последний не заземлен. И, наконец, из-за неправильного выполнения переключателя диапазонов, имеющего большую проходную емкость между соответствующими ламелями.

Связь *II* возникает, помимо влияния проходной емкости транзистора T_1, из-за близкого расположения неэкранированного корпуса-коллектора высокочастотного транзистора и обмоток на стержне ферритовой антенны. Наличие этой связи приводит к самовозбуждению приемника на частотах, близких к промежуточной частоте (конец СВ и начало ДВ диапазонов).

Связи *III* — индуктивная и емкостная — образуются наиболее часто и приводят, как правило, к неустойчивой работе приемника почти

во всем диапазоне частот. Эти связи, как правило, возникают из-за плохой экранировки последнего контура промежуточной частоты при близком его расположении к ферритовой антенне и из-за отсутствия экранировки последнего транзистора усилителя промежуточной частоты. Такие связи особенно часто встречаются в малогабаритных приемниках, так как при малогабаритной конструкции даже максимальное отдаление вышеперечисленных деталей от ферритовой антенны все же оказывается недостаточным из-за весьма значительного коэффициента усиления высокочастотного тракта. В промышленном приемнике «Сокол», для того чтобы уменьшить эти связи, последний контур промежуточной частоты максимально отдален от входных цепей, а транзистор T_3 помещен в заземленный экран. Наличие даже слабой связи такого типа приводит к появлению пораженных точек в диапазоне СВ на частотах 930 и 1 395 *кгц*, которые проявляются в виде свиста и генерации.

Реже встречается индуктивная связь *IV* выходного трансформатора с входной цепью, устраняется она отнесением выходного трансформатора от входных цепей и правильной ориентацией его магнитного поля по отношению к магнитному полю антенны.

Связи *V*, *VI* и *VII* возможны при отсутствии экранировки соответствующих контуров и коллекторных цепей транзисторов T_2 и T_3, они приводят к самовозбуждению соответствующих каскадов усилителя промежуточной частоты.

Связь *VIII* возникает при близком расположении детекторного каскада (регулятора громкости) около входных цепей и приводит к самовозбуждению во всем диапазоне принимаемых частот или на участках, близких к промежуточной частоте или ее гармоникам.

Наличие сильной емкостной связи *IX* в трехкаскадном усилителе низкой частоты может привести к генерации усилителя на сверхзвуковых или верхних звуковых частотах. Устранение этой связи требует более правильного размещения деталей УНЧ или завала его частотной характеристики в области высоких звуковых частот.

Связь *X* возникает из-за высокого внутреннего сопротивления источника питания и приводит к генерации на одной из частот звукового диапазона или к релаксационным колебаниям в усилителе низкой частоты. Меры борьбы с ней — установление развязывающих фильтров $Ф_1$, $Ф_2$, $Ф_3$, причем емкость их конденсаторов должна быть тем больше, чем выше усиление низкочастотного тракта и чем на более низкочастотный диапазон рассчитан усилитель. Следует отметить, что зачастую необходимость в фильтре $Ф_4$ (как правило, это только конденсатор большой емкости) кажется сомнительной — собранный усилитель работает стабильно. Однако через несколько часов эксплуатации по мере истощения батареи и роста ее внутреннего сопротивления появляются искажения звукопередачи, а затем возникает низкочастотная генерация или релаксация. Необходимость в фильтре $Ф_4$ проверяется путем подсоединения к приемнику истощенной батареи. Если при этом подсоединение конденсатора большой емкости (100—500 *мкф*) не приводит к улучшению качества работы приемника, то можно его в приемник не ставить.

Связь *XI* возникает, как правило, в результате изменения нагрузки на источник питания. Следствием этой связи при отсутствии фильтров $Ф_1$ и $Ф_3$ является нестабильная работа преобразовательного каскада, генерация в высокочастотном тракте со звуковой частотой, прерывистая генерация гетеродина. Меры борьбы — установление дополнительного фильтра $Ф_2$, а при недостаточности этих мер — применение развязывающих фильтров во всех высокочастотных каскадах приемника.

Связь *XII* может возникнуть при плохом качестве фильтра $Ф_2$ или его отсутствии. Она приводит к самовозбуждению тракта промежуточной частоты, особенно при наличии трех каскадов в высокочастотном тракте.

Учитывая все изложенное о паразитных связях, пользуясь принципиальной схемой, необходимо предварительно составить наилучший вариант расположения деталей на плате и вычертить монтажную схему, а затем уже приступать к монтажу приемника. Это совершенно обязательно для сложных супергетеродинных и малогабаритных приемников. Не исключено, что при налаживании сложных конструкций все же придется изменить расположение некоторых деталей, чтобы устранить образовавшуюся устойчивую паразитную связь, не учтенную ранее.

В заключение кратко перечислим основные правила, которыми следует руководствоваться при разработке монтажной схемы транзисторного приемника.

1. Все контуры фильтра основной селекции, кроме емкостной, имеют также паразитную индуктивную связь, величина которой зависит от материала магнитного сердечника катушек контуров промежуточной частоты. Поэтому около этих контуров не следует располагать детали, сами контуры надо располагать в непосредственной близости от выхода преобразователя.

2. Нельзя располагать транзисторы, работающие в усилителе высокой или промежуточной частоты, в торец друг другу, так как это приводит к увеличению емкости схемы и к самовозбуждению каскада промежуточной частоты.

3. Последний контур усилителя промежуточной частоты надо располагать подальше от входных и гетеродинных контуров.

4. Параллельно и в непосредственной близости к ферритовой антенне нельзя размещать цепи детекторного каскада, в том числе выход детекторного каскада (регулятор громкости).

5. Трансформаторы усилителя низкой частоты надо располагать так, чтобы между ними не было магнитной связи, приводящей к генерации усилителя. Необходимо избегать также индуктивной связи выходного трансформатора с магнитной антенной.

6. Выход детекторного каскада (регулятор громкости) или вход усилителя низкой частоты надо располагать подальше от его выхода, так как иначе может возникнуть генерация в усилителе.

7. Блок конденсаторов переменной емкости надо применять с наименьшей емкостью между секциями статора и заземлять имеющийся между ними экран.

8. Не следует применять громкоговоритель с кольцевым магнитом, который имеет значительное поле рассеивания, уменьшающее магнитную проницаемость ферритовой антенны.

9. Конденсатор блокировки батареи питания следует присоединять после выключателя питания, так как плохой контакт выключателя часто может служить причиной самовозбуждения.

УСТАНОВЛЕНИЕ РЕЖИМОВ ТРАНЗИСТОРОВ ПО ПОСТОЯННОМУ ТОКУ

В справочниках обычно приводятся рекомендуемые режимы работы транзисторов. Кроме рекомендуемых, приводятся так называемые предельные режимы использования транзисторов. Однако в зависимости от условий применения и необходимых характеристик изготавливаемых каскадов режимы работы транзисторов могут значительно отличаться от справочных. Радиолюбитель должен грамотно подходить к выбору режимов транзисторов в изготавли-

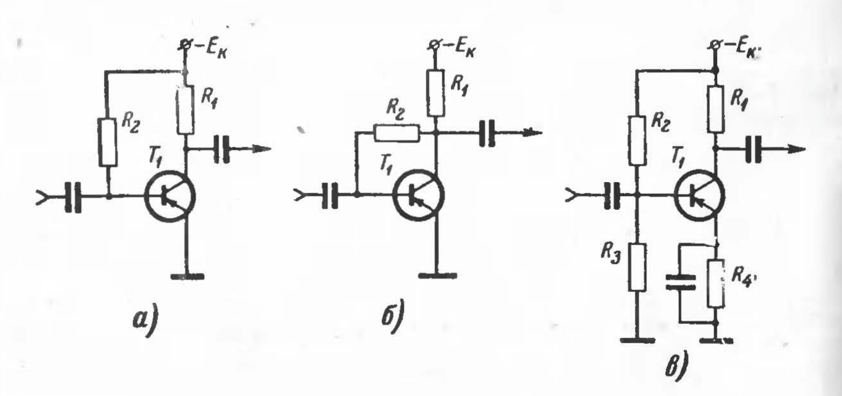


Рис. 5. Цепи транзистора, определяющие режим по постоянному току в схеме с общим эмиттером.

ваемом приемнике. В случае отсутствия тех или иных резисторов часто можно, не нарушая нормальной работы приемника, заменить их другими, сохранив требуемый для нормальной работы режим транзисторов.

Независимо от назначения каскада (усиление постоянного тока, усиление переменного тока низкой частоты, усиление переменного тока высокой частоты или генерирование высокочастотных или низкочастотных колебаний) в схеме каскада всегда можно выделить основные цепи, определяющие режим транзистора по постоянному току (рис. 5). Наиболее простой способ установления рабочей точки транзистора представлен на рис. 5, *а*. Режим транзистора определяется резисторами R_1 и R_2. Резистор R_1 служит нагрузкой (или сопротивлением развязки), а R_2 — сопротивлением цепи базового смещения. Величина сопротивления нагрузки определяет коэффициент усиления каскада, участок динамической характеристики, на котором должен работать данный транзистор, а следовательно, напряжение и мощность данного каскада. От величины смещения зависит расположение рабочей точки на участке динамической характеристики.

Для иллюстрации этого на рис. 6 изображены различные положения рабочих точек на нагрузочной прямой $R_н$ и на характеристике транзистора. При неправильно выбранном положении рабо-

чей точки на характеристике возникают искажения выходного напряжения $U'_к$, $U''_к$.

Величина напряжения смещения, которая определяет положение рабочей точки на характеристике, в схеме (рис. 5, *а*) весьма нестабильна, так как она зависит от тока базы транзистора, который в свою очередь зависит от коэффициента усиления по току транзистора, имеющего, как правило, значительный разброс и свойство изменяться при изменении окружающей температуры. Поэтому

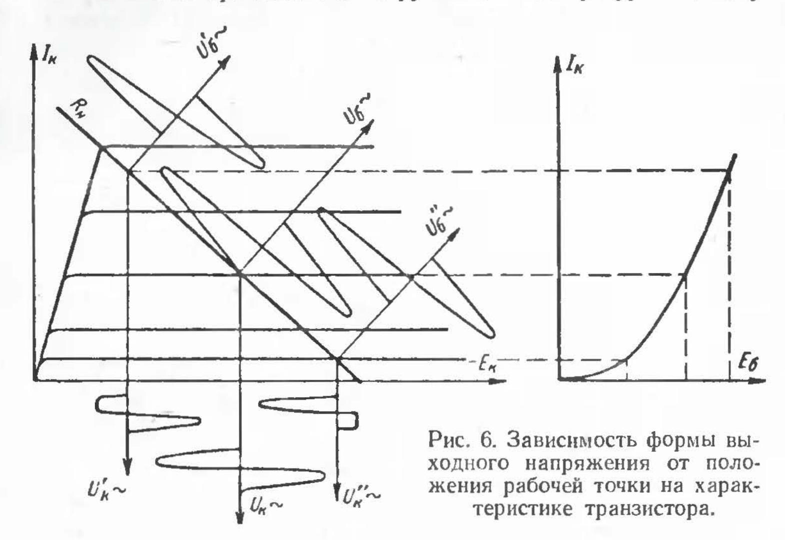


Рис. 6. Зависимость формы выходного напряжения от положения рабочей точки на характеристике транзистора.

в этой схеме необходим тщательный индивидуальный подбор резистора R_2. Зависимость коэффициента $B_{ст}$ от окружающей температуры изменяет положение рабочей точки на характеристике транзистора, что приводит к появлению искажений, изменению коэффициента усиления и иногда к полной потере работоспособности каскада. Разброс коэффициента $B_{ст}$ у различных транзисторов достигает 10—100, поэтому приемник, выполненный в полном соответствии с принципиальной схемой, может оказаться неработоспособным.

Чтобы схема продолжала хорошо работать при замене транзисторов и изменении температуры окружающей среды, обычно прибегают к стабилизации рабочих точек. Простейшим видом стабилизации является подключение резистора в цепи базового смещения непосредственно к коллектору транзистора (рис. 5, *б*). Возникающая при этом обратная связь по постоянному току препятствует изменению положения рабочей точки на характеристике при замене транзисторов и при изменении температуры окружающей среды. Качество стабилизации в данной схеме тем лучше, чем меньше отношение сопротивлений резисторов R_2 и R_1, что не всегда возможно по ряду причин. Например, в оконечном каскаде усилителя низкой частоты вместо резистора R_1 обычно включен трансформатор с малым активным сопротивлением обмотки. В подобных случаях следует применять схему базового смещения напряжением,

приведенную на рис. 5, *в*. Применение сравнительно низкоомного делителя в базовой цепи позволяет добиться хорошей температурной стабилизации и малого изменения параметров схемы при замене транзисторов.

Все три схемы, приведенные на рис. 5, выполнены для основной схемы включения транзисторов — схемы с общим эмиттером. Включение транзисторов в любую другую схему, по переменному току практически не изменяет схемы питания по постоянному току. Например, включение транзистора в схему с общей (по переменному току) базой (рис. 7, *а*) не изменяет цепей постоянного тока по

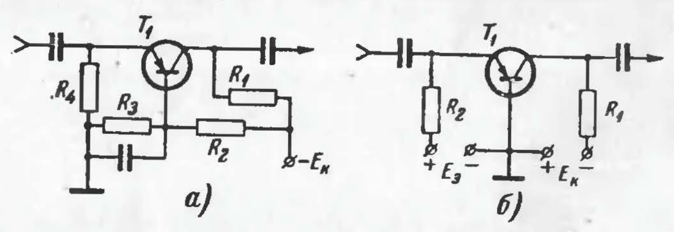


Рис. 7. Цепи транзистора, определяющие режим по постоянному току в схеме с общей базой.

сравнению со схемой с общим эмиттером (рис. 5, *в*). Ток базовой цепи течет по-прежнему через участок база — эмиттер — резистор R_4 и делитель R_2, R_3, а коллекторный ток течет по цепи коллектор — эмиттер — резисторы R_4 и R_1 — источник питания коллекторной цепи. Это обстоятельство следует учитывать, особенно начинающим радиолюбителям. Если добиться указанного в описании тока коллектора через цепь базы, то это, конечно, приведет к выходу из строя транзистора. При необходимости включить транзистор в схему с общей базой по постоянному току следует применять специальные схемы с двумя источниками питания, как это изображено на рис. 7, *б*. В наиболее распространенных схемах высокочастотных каскадов ток коллектора транзистора обычно составляет 0,5—1,5 *ма*, низкочастотных 0,1—10 *ма*. При этом напряжения смещения в цепях баз колеблются в пределах 0,12—0,3 *в* для германиевых и 0,6—0,8 *в* для кремниевых транзисторов. Во всех случаях под напряжением смещения подразумевается напряжение между базой и эмиттером транзистора. Это напряжение можно измерить между соответствующими электродами с помощью высокоомного вольтметра.

Все измерения в транзисторных приемниках необходимо делать вольтметром, внутреннее сопротивление которого в 5—10 раз больше сопротивления измеряемой цепи. Обычно, как показал опыт, все режимы в налаживаемом приемнике можно установить при наличии обычного тестера с внутренним сопротивлением 5—10 *ком/в*. На рис. 8 показаны возможные способы измерения напряжений в различных точках схемы типового усилительного каскада. В кружочке, изображающем вольтметр, указаны пределы шкалы прибора, на которых следует приводить измерения.

Сопротивление резистора R_4 в цепи эмиттера (рис. 8), как правило, невелико (в пределах 1—2 *ком*), поэтому входное сопротивление прибора для измерения напряжения на нем может быть сравнительно небольшим (10—20 *ком*), что на шкале прибора 3 *в* соответствует внутреннему сопротивлению 3—6 *ком/в*. Таким внутренним сопротивлением обладает подавляющее большинство тестеров. Напряжение на коллекторе транзистора также можно измерить обычным тестером, если сопротивление резистора R_1 не превышает 5 *ком*. При большем сопротивлении этого резистора точные измерения необходимо производить электронным вольтметром или косвенным путем. Пренебрегая током базы, можно считать, что токи в коллекторной и эмиттерной цепях равны; тогда, измерив напряжение на резисторе R_4 и зная сопротивление этого резистора, по закону Ома определяют ток через транзистор и резисторы R_4 и R_1. Далее, вычислив падение напряжения на резисторе R_1 и вычтя полученную величину из напряжения источника питания, получают напряжение на коллекторе транзистора.

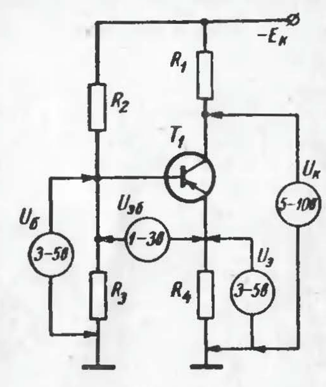


Рис. 8. Включение прибора для измерения режимов транзисторов в схемах.

Напряжение на резисторее R_3 (при сопротивлении не более 3 *ком*) также можно измерить с помошью обычного тестера. Однако, как правило, сопротивление резистора R_3 (а следовательно, и R_2) выбирается из соображений экономии питания довольно большим (до 30 *ком*). В этих случаях необходим электронный вольтметр. При малых (0,5—1,0 *ма*) коллекторных токах токи базы также малы (10—30 *мка*), поэтому сопротивление участка база — эмиттер имеет значительную величину (5—15 *ком*), которая соизмерима с входными сопротивлениями лучших тестеров на шкалах 1—3 *в*, следовательно, напряжение на участке база — эмиттер необходимо измерять только электронным вольтметром.

Заметим, что перед включением транзисторов в схему приемника следует тщательно проверить правильность всех соединений и полярность включения электролитических конденсаторов. Электролитические конденсаторы проверяются на отсутствие утечек до установки в схему приемника с помощью омметра с соблюдением полярности, указанной на конденсаторе. Омметр должен быть включен в положение измерения сопротивлений большой величины. При правильном подключении электролитического конденсатора к омметру и исправном конденсаторе в момент включения стрелка омметра отклонится тем сильнее, чем больше емкость конденсатора, а затем медленно возвратится в исходное положение. Сопротивление изоляции конденсатора должно быть не менее нескольких сотен килоом, меньшая величина этого сопротивления может привести к изменению в режимах работы транзисторов при установке конденсаторов с утечкой в схему приемника. Отсутствие броска стрелки (зарядного тока конденсатора) указывает на внутренний обрыв конденсатора.

Транзисторы проверяют на отсутствие коротких замыканий между электродами и измеряют коэффициент $B_{ст}$. Проверку на от-

сутствие коротких замыканий производят с помощью тестера, включенного для измерения сопротивлений. Для этого один щуп прибора подсоединяют к выводу базы транзистора, а другим щупом поочередно касаются выводов эмиттера и коллектора. Сопротивление между этими электродами при соблюдении полярности должно быть от 10 до 1 000 *ом*. В случае значительно меньших или больших показаний омметра транзисторы для использования не годятся. При противоположной полярности напряжения тестера величина сопротивления на участке эмиттер — база должна быть не менее 10 *ком*, а на участке база — коллектор не менее 100 *ком*. В случаях меньших значений величин этих сопротивлений использование транзи-

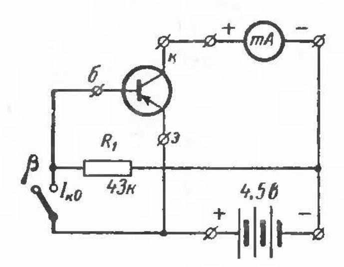


Рис. 9. Простейшая схема измерения $B_{ст}$.

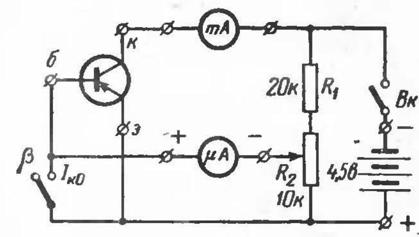


Рис. 10. Схема точного измерения $B_{ст}$.

сторов нежелательно, а при сопротивлении около 10—100 *ом* совершенно невозможно.

Наиболее просто определить ориентировочный коэффициент усиления по току можно способом омметра. При этом тестер включают в положение для измерения сопротивлений порядка тысяч ом. Чтобы исключить влияние нагрева транзистора руками, проводник от тестера желательно снабдить наконечником типа «крокодил». Этим зажимом захватывают вывод коллектора измеряемого транзистора, а вторым щупом поочередно прикасаются к выводу базы и эмиттера. В обоих случаях при этом записывают не величину показываемого омметром сопротивления, а количество делений любой линейной шкалы прибора, например, предназначенной для измерения напряжений или токов. Для оценки величины коэффициента $B_{ст}$ нужно разделить большее показание прибора на меньшее (по одной и той же шкале).

Схема простого измерителя коэффициента $B_{ст}$ для транзисторов типа *p-n-p* показана на рис. 9 (для измерения транзисторов типа *n-p-n* изменяется полярность включения батареи и миллиамперметра). С достаточной степенью точности коэффициент $B_{ст}$ отсчитывается непосредственно по шкале (10—15 *ма*) миллиамперметра путем умножения ее делений на 10.

Схема измерения, позволяющая с большей точностью определить коэффициент $B_{ст}$, показана на рис. 10. От предыдущей она отличается наличием микроамперметра со шкалой 100—500 *мка* и потенциометра R_2 в цепи смещения. Наличие последнего позволяет сделать точность измерений, не зависящей от напряжения источника питания. Благодаря применению микроамперметра повышает-

ся точность измерения $B_{ст}$, особенно при малых его значениях. Измерение возможно двумя способами. В первом случае в положение переключателя $B_{ст}$ вращением ручки потенциометра устанавливают значение тока коллектора не более допустимого для данного транзистора и замечают при этом токе показания стрелки микроамперметра в цепи базы. Во втором случае потенциометром R_2 устанавливают заданный по схеме приемника ток коллектора транзистора и также замечают показание микроамперметра. В обоих случаях отношение тока коллектора к току базы дает искомую величину $B_{ст}$.

Имеется еще несколько способов измерения коэффициента $B_{ст}$, однако они значительно более сложны. Заметим, что значение коэффициента $B_{ст}$ не является величиной, требующей большой точности измерения, поэтому изготовлять более сложные приборы для этих измерений в любительских условиях вряд ли целесообразно.

Для оконечных каскадов двухтактных усилителей низкой частоты необходимо подобрать транзисторы с одинаковыми коэффициентами $B_{ст}$ при малых и больших токах коллектора (1—2 и 20—30 *ма*). Это позволит добиться равномерной нагрузки на предварительный каскад усиления низкой частоты и малого значения коэффициента нелинейных искажений. Очевидно, что в данном случае важна сравнительная точность измерений обоих транзисторов, а абсолютная величина коэффициента $B_{ст}$ не имеет существенного значения, это позволяет ограничиться простыми схемами измерения. Измеряя коэффициент $B_{ст}$, при значительных токах коллектора следует выбирать величину сопротивления резистора R_1 (рис. 9) порядка 1,5 *ком*, а напряжение батареи питания снизить до 1,5 *в* (например, применяя один элемент типа ФБС или «Сатурн»). Последнее необходимо для предотвращения выхода из строя транзистора, так как при токе 30 *ма* и напряжениии 4,5 *в* на коллекторе измеряемого транзистора рассеивается мощность 135 *мвт*, что для транзисторов типа П13 — П16 близко к предельному значению.

Для работы в большинстве каскадов современного транзисторного приемника пригодны транзисторы с $B_{ст}=20$. Однако следует учесть, что основные параметры приемника — чувствительность, избирательность и выходная мощность (кроме ряда схем, о которых будет сказано в дальнейшем) — с ростом коэффициента $B_{ст}$ от 20 до 200 изменяются незначительно. Это вызвано тем, что от величины $B_{ст}$ (в схемах со стабилизацией рабочей точки) зависит только входное сопротивление каскада, которое при значениях $B_{ст}= =20 \div 30$ для большинства схем имеет оптимальную с точки зрения устойчивого усиления величину. В высокочастотных каскадах допустимый коэффициент усиления ограничен величиной проходной емкости транзистора и согласование входного сопротивления транзистора производится так, что при увеличении $B_{ст}$ от 20 до 200 величина сопротивления нагрузки предыдущего каскада практически не изменяется, а следовательно, не изменяется и усиление.

В усилителях низкой частоты резисторы нагрузок при низковольтном питании (4—9 *в*) обычно имеют небольшое сопротивление по сравнению с входным сопротивлением последующего каскада, а они-то и определяют коэффициент усиления каскада. Поэтому наиболее подходящими для любой схемы будут транзисторы со значением $B_{ст}$ от 30 до 50.

Перед радиолюбителями часто встает вопрос: в какой из каскадов приемника следует поставить транзисторы с большим значе-

нием $B_{ст}$. Низкочастотные транзисторы со значениями коэффициента $B_{ст}=20 \div 30$ разбраковываются попарно и используются в выходных каскадах усилителей низкой частоты с трансформаторами. Для предоконечных каскадов применяются аналогичные транзисторы, в предварительных каскадах усиления низкой частоты для получения большего входного сопротивления желательно использовать транзисторы с $B_{ст}=40 \div 60$. В высокочастотных каскадах приемников прямого усиления при наличии двух и более каскадов транзисторы с большим коэффициентом усиления следует ставить ближе ко входу приемника. В двухкаскадном усилителе промежуточной частоты следует поступать так же, при этом повышается

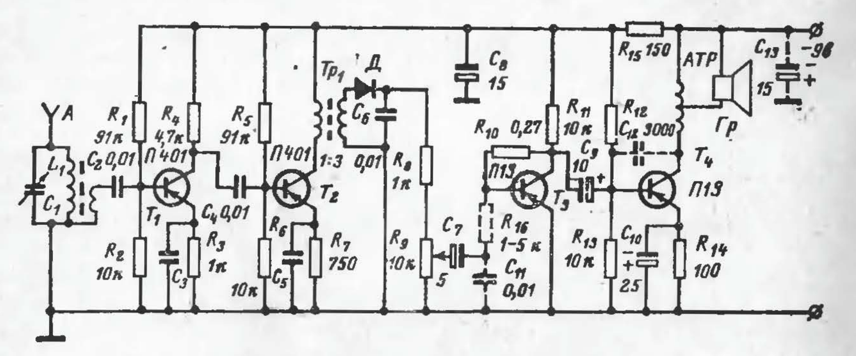


Рис. 11. Типовая схема приемника прямого усиления.

эффективность АРУ и улучшаются условия работы детекторного каскада. В смесительные каскады можно ставить транзисторы с довольно малыми значениями $B_{ст}$, отдавая предпочтение первому каскаду УПЧ.

После измерения и проверки транзисторов их можно устанавливать в схему приемника и приступать к установке режимов. Описание налаживания приемников мы будем иллюстрировать типовыми схемами: прямого усиления типа 2-V-2 (рис. 11), супергетеродина (рис. 12) и приемника с применением каскодных схем (разработка автора — рис. 13).

Как правило, напряжение источника питания выбирают от 4,5 до 9 *в*. В соответствии с этим должны выбираться рабочие напряжения электролитических конденсаторов и величины сопротивлений резисторов в цепях смещения транзисторов. Исключение составляют электролитические конденсаторы в цепях эмиттеров, рабочее напряжение которых может быть выбрано ниже (их рабочее напряжение должно быть на 20—30% выше обычно указанного на схеме для данной конкретной цепи).

Подгонку режимов следует начинать с оконечных каскадов приемника. В схемах каскадов, работающих в режиме А, ток коллектора устанавливается в зависимости от величины выходной мощности, напряжения питания и сопротивления нагрузки. При использовании громкоговорителей электромагнитного типа с сопротивлением катушек по постоянному току около 65 *ом* сопротивление нагрузки для оконечного каскада на частоте 1 000 *гц* составляет при-

Режимы питания измерены относительно плюса батареи

Рис. 12. Принципиальная схема типового промышленного приемника.

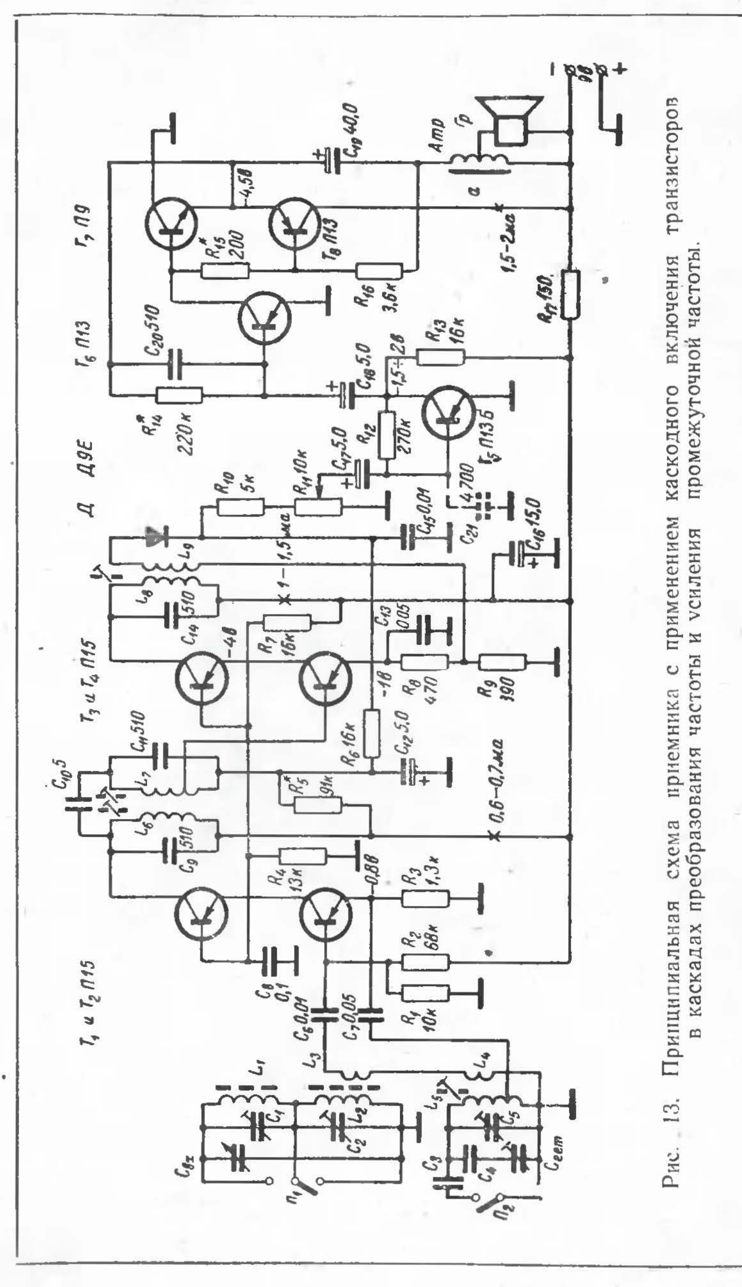


Рис. 13. Принципиальная схема приемника с применением каскодного включения транзисторов в каскадах преобразования частоты и усиления промежуточной частоты.

мерно 300 *ом*, при этом максимальная мощность выходного каскада при напряжениях батарей 4,5 и 9 *в* может быть не более 30 и 200 *мвт* соответственно. Следует заметить, что выходная мощность 200 *мвт* в однотактном каскаде обычно недостижима, так как при этом будет превышена допустимая мощность рассеивания на коллекторах транзисторов типа П13 — П16 (в оконечных каскадах малогабаритных переносных приемников обычно используются именно эти транзисторы). Для таких каскадов следует считать допустимой мощность не более 50 *мвт*, что соответствует мощности рассеивания около 135 *мвт* и среднему току потребления не более 15 *ма*; при этом следует принимать меры по отводу тепла от корпуса транзистора. При напряжении батареи 4,5 *в* увеличение тока коллектора оконечного каскада более 25 *ма* нецелесообразно, так как не приводит к увеличению выходной мощности и уменьшению нелинейных искажений, а только увеличивает бесполезное падение напряжения на активном сопротивлении обмотки громкоговорителя и мощность рассеивания на коллекторе транзистора. Если на выходе включен электродинамический громкоговоритель, то наиболее оптимальными величинами приведенных сопротивлений нагрузок являются 200 и 800 *ом* для 4,5 и 9 *в* напряжения батареи соответственно, а токи оконечных каскадов остаются в прежних пределах. Приведенным сопротивлением нагрузки называется величина сопротивления переменному току первичной обмотки выходного трансформатора с учетом влияния звуковой катушки громкоговорителя, подсоединенного ко вторичной обмотке. Для получения необходимой величины приведенного сопротивления выходной трансформатор должен иметь вполне определенное соотношение между витками вторичной и первичной обмоток (коэффициент трансформации n), которое легко определяется по известной величине сопротивления звуковой катушки громкоговорителя:

$$n = \sqrt{\frac{R'_{н}\eta}{R_{н}}},$$

где $R_{н}$ — сопротивление звуковой катушки громкоговорителя;
$R'_{н}$ — приведенное сопротивление нагрузки;
η — коэффициент полезного действия трансформатора (0,6—0,8).

Активные сопротивления обмоток трансформатора должны иметь минимально возможную величину, желательно не более 10% от приведенного сопротивления для первичной обмотки и не более 10% от сопротивления звуковой катушки громкоговорителя для вторичной. В этом случае значительная часть (примерно 80%) выходной мощности оконечного каскада будет передана громкоговорителю.

Регулировка тока коллектора транзисторов выходного каскада производится путем подбора резистора R_{12} (рис. 11) или R_2 в схеме на рис. 14. Миллиамперметр включают в разрыв коллекторной цепи. Заметим, что применение других схем смещения (например, рис. 5, *а*) в оконечных каскадах нежелательно, так как в этом случае режим сильно зависит от качества транзисторов и окружающей температуры.

В схеме на рис. 14 необязательно строго придерживаться указанных значений сопротивлений резисторов R_1 и R_2. Изменение ве-

личины сопротивления резистора R_1 в 1,5—2 раза в обе стороны допустимо, тем более, что величина сопротивления резистора R_2 всегда указывается ориентировочно и подбирается при регулировке. Установив сопротивление резистора R_1 в указанных пределах, вместо резистора R_2 в схему включают потенциометр с сопротивлением 50—100 *ком*. Вращением его ручки устанавливают необходимый ток коллектора. Для предотвращения выхода из строя транзистора последовательно с потенциометром включают ограничивающий ток базы резистор сопротивлением 5—10 *ком*. Установив ток, потенциометр отпаивают от схемы и измеряют величину его сопротивления омметром. Затем подбирают резистор с сопротивлением той же величины и впаивают его в схему. Дав пайкам остыть (3—5 *мин*), включают приемник и убеждаются, что ток коллектора лежит в заданных пределах.

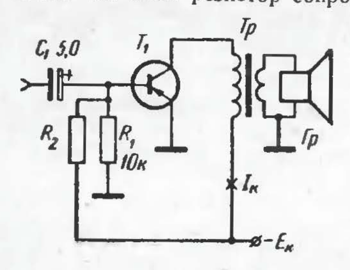


Рис. 14. Схема однотактного выходного каскада.

При применении схемы смещения, показанной на рис. 11, все операции производятся аналогичным путем. Величины сопротивлений резисторов R_{12} и R_{13} менее критичны, чем в схеме на рис. 14. Сопротивление резистора R_{13} можно изменять в 3—4 раза при условии сохранения отношения R_{12}/R_{13}. Сопротивление резистора R_{14} следует поддерживать с точностью $\pm 20 \div 30\%$; при значительном уменьшении этого сопротивления возможен выход из строя транзистора из-за чрезмерного увеличения коллекторного тока, а при значительном увеличении — снижение выходной мощности.

Установление рекомендованных режимов в двухтактных выходных каскадах зависит от схемы этих каскадов, поэтому разберем конкретно каждый из наиболее распространенных случаев. Трансформаторные выходные каскады отличаются, как правило, только схемами подачи смещения на выходные транзисторы. В схеме, изображенной на рис. 15, смещение обоих транзисторов подбирается путем изменения сопротивления резистора R_1. Вначале устанавливают резистор R_1, сопротивление которого может быть в пределах 27—270 *ом*; чем меньше сопротивление этого резистора, тем меньше должно быть и сопротивление резистора R_2, а это приводит к излишнему расходу тока от источника питания. Но чем больше величина сопротивления резистора R_1, тем меньшая величина напряжения с обмоток трансформатора достигнет участков база — эмиттер транзисторов. Это обстоятельство может привести к уменьшению коэффициента усиления каскада и заметному снижению выходной мощности оконечного каскада. Ориентировочно ток обоих транзисторов должен быть в пределах 2—6 *ма* (большая величина тока для меньшего напряжения питания). Подобрав сопротивление резистора R_2, не следует этот резистор припаивать в схему окончательно, так как возможно, что в дальнейшем при налаживании усилителя низкой частоты придется в целях снижения нелинейных искажений несколько изменить его величину.

В схеме, изображенной на рис. 16 с температурной стабилизацией рабочей точки оконечных транзисторов, режим транзисторов подбирается таким же способом с той лишь разницей, что вместо резистора R_1 включен германиевый диод, обладающий нелинейным сопротивлением. Поэтому во избежание выхода из строя транзисторов следует более тщательно подбирать сопротивление резистора R_2 и тип диода, так как даже диоды одного и того же типа обладают несколько различным напряжением стабилизации.

В схеме, показанной на рис. 17, для получения напряжения смещения на базы оконечных транзисторов используется коллекторный ток транзистора предоконечного каскада. Поэтому налаживание схемы следует начинать с установления этого тока. Чтобы предотвратить выход из строя оконечных транзисторов, следует разорвать цепь их питания в точке *а* и установить заданный режим предоконечного каскада (включив миллиамперметр в его коллекторную цепь) путем изменения величины сопротивления резистора R_1. Если величина тока коллектора этого каскада не оговорена в описании усилителя, то его следует установить в пределах 0,8—6 *ма*, этот ток должен быть тем большей величины, чем больше мощность выходного каскада и чем ниже напряжение питания коллекторных цепей. После установления режима предоконечного каскада подбором сопротивления резистора R_4 устанавливают коллекторный ток оконечных транзисторов; при этом отпаивать R_4 следует только после выключения источников питания, а в точку разрыва *а* для контроля тока следует включить миллиамперметр со шкалой 10—15 *ма*. Для предохранения транзисторов оконечного каскада от выхода из строя можно вместо резистора R_4 включить резистор, сопротивление которого на 30—50% больше сопротивления, указанного на схеме, и затем, подсоединяя к нему параллельно резисторы с различной величиной сопротивления, установить коллекторный ток оконечных транзисторов в заданных пределах. При изменении сопротивления резистора R_4 в 1,5—2 раза в обе стороны от его номинала изменения в режиме предоконечного каскада практически не произойдет, так как сопротивление этого резистора значительно меньше сопротивления резистора R_3.

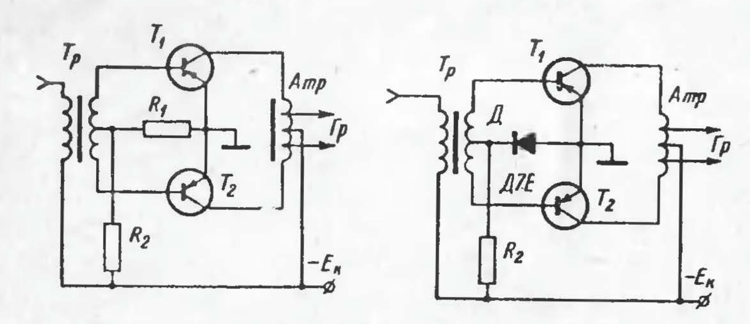


Рис. 15. Схема двухтактного выходного каскада.

Рис. 16. Схема двухтактного выходного каскада со стабилизацией смещения.

На рис. 13 и 18 представлены две схемы оконечных каскадов так называемого последовательно-параллельного типа [1].

Для того чтобы искажения в этих схемах были минимальны, режим устанавливается как по току, протекающему через транзистор, так и по напряжениям на коллекторах (эмиттерах) обоих транзисторов. В схеме, показанной на рис. 18, это осуществляется так: сначала вместо резисторов R_1 и R_3 включают любые резисторы в пределах 5—15 *ком* одного и того же сопротивления. Вольтметром, включенным между точкой соединения эмиттера верхнего и коллектора нижнего по схеме транзисторов и общим проводом,

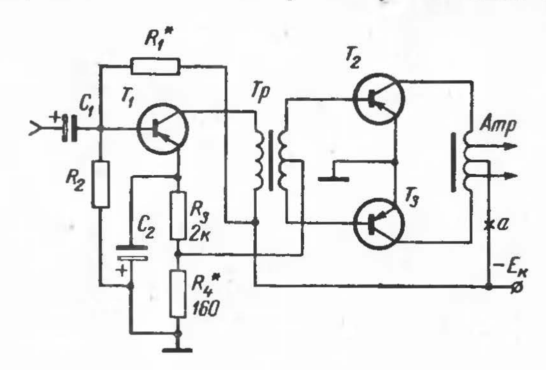


Рис. 17. Схема выходного каскада последовательно-параллельного типа.

проверяют величину напряжения в этой точке. Это напряжение должно соответствовать половине напряжения источника коллекторного питания. В провод питания в точке *а* включается миллиамперметр со шкалой 5—15 *ма*. Затем параллельно резисторам R_1 и R_3 присоединяют равные по сопротивлению резисторы; постепенно уменьшая их сопротивление, добиваются необходимого тока коллекторов транзисторов T_1 и T_2 (в пределах 1—3,5 *ма* в зависимости от мощности усилителя и напряжения питания). После этого проверяют симметрию напряжений, падающих на каждом из транзисторов: допустимая асимметрия не должна превышать 3—5%. В случае большей асимметрии следует подобрать один из резисторов R_1 или R_3 до получения необходимой симметрии, при этом коллекторный ток транзисторов не должен значительно измениться.

В схеме, изображенной на рис. 13, резистор R_{14} следует взять в 1,5—2 раза больше указанной величины и подбором резистора получить напряжение в точке соединения эмиттеров транзисторов, равное половине напряжения источника питания, а затем, измеряя ток в точке *а* и подсоединяя параллельно R_{15} различные по сопротивлению резисторы, установить ток через транзисторы в пределах 1—3 *ма*.

[1] При отсутствии громкоговорителя с сопротивлением звуковой катушки указанной на схемах величины может быть применен любой громкоговоритель с трансформатором или автотрансформатором.

Предоконечные каскады усилителя низкой частоты потребляют ток 0,8—6 *ма* в зависимости от мощности оконечных каскадов и напряжения источника питания. Необходимый ток предоконечных каскадов устанавливают подбором сопротивления резистора R_{10} в схеме, изображенной на рис. 11, R_{19} — в схеме на рис. 12 и R_{16} — в схеме на рис. 13. Коллекторный ток предоконечных каскадов, работающих по схеме, показанной на рис. 13, для работы с минимальными искажениями должен иметь величину не менее

$$I_{к1} \approx 2\frac{I_{к2}}{B_{ст}},$$

где $I_{к1}$ — ток коллектора предоконечного каскада;
$I_{к2}$ — ток коллектора оконечного каскада;
$B_{ст}$ — коэффициент усиления по току транзисторов оконечного каскада при максимальном токе коллектора.

Токи каскадов предварительного усилителя низкой частоты и напряжения на коллекторах транзисторов этих каскадов должны быть минимально возможными (0,2—0,5 *ма* и 0,7—2 *в*), чтобы уменьшить шумы транзисторов, которые обычно прослушиваются в громкоговорителе в виде мешающего шипения.

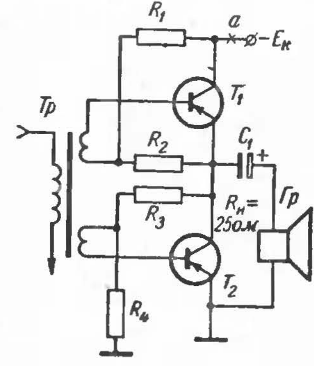


Рис. 18. Схема подачи смещения на базы выходных транзисторов, использующая ток предоконечного каскада.

Режимы транзисторов высокочастотных каскадов в схеме, показанной на рис. 11, подбираются резисторами R_1 и R_5, в схеме на рис. 12 — резисторами R_2, R_5 и R_6, а в схеме на рис. 13 — резисторами R_2 и R_5. Подбирать напряжения на коллекторах транзисторов T_1 и T_3 (рис. 13) обычно не приходится, они с достаточной точностью (1—2 *в*) устанавливаются самостоятельно, если номиналы резисторов R_4 и R_7 выбраны в указанных на схеме пределах или при сохранении отношения R_4/R_7 при значительных изменениях их номиналов (от 5 до 30 *ком*). В случае необходимости изменения напряжения на коллекторах транзисторов T_1 и T_3 следует подобрать резистор R_7.

Если в цепях питания включен развязывающий резистор (например, R_{15} на рис. 11), то подбирать резисторы в цепях смещения (R_2, R_5, R_{10} — рис. 11) надо, начиная с R_{10}. При этом коллекторные токи транзисторов T_1, T_2, T_3 (рис. 11) или T_2, T_3, T_5 (рис. 12) должны выбираться такими, чтобы при увеличении падения напряжения на резисторах общих развязок они оставались в рамках требуемых норм. Например, в схеме на рис. 11 коллекторный ток транзистора T_2 следует установить на 10—15% больше необходимого с учетом того, что при отпирании транзистора T_1 ток через T_2 достигнет необходимой величины.

НАЛАЖИВАНИЕ УСИЛИТЕЛЕЙ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

Для получения хорошей частотной характеристики УНЧ, номинальной выходной мощности, минимума нелинейных искажений, заданного входного сопротивления усилителя и других параметров, влияющих на качество звуковоспроизведения, при налаживании усилителей низкой частоты желательно иметь следующую измерительную аппаратуру: генератор звуковой частоты, измеритель выхода, в качестве которого может использоваться любой вольтметр переменного тока с необходимыми пределами измерения; осциллограф; милливольтметр переменного тока; вольтмиллиамперметр постоянного тока. Однако низкочастотную часть приемника достаточно хорошо можно наладить и при отсутствии большинства из указанных приборов; например, вместо генератора звуковой частоты можно использовать радиотрансляционную сеть, радиоприемник или проигрыватель, а вместо измерителя выхода и вольтмиллиамперметра — обычный тестер (ТТ-3, Ц-20).

Перед включением сделанного приемника последовательно с источником питания включается миллиамперметр со шкалой 30—50 *ма* и питание кратковременно (на 3—5 *сек*) подключается к усилителю в указанной на схеме полярности. В первый момент включения возможен значительный бросок тока, получающийся в результате заряда электролитического конденсатора фильтра в цепи питания, заряда переходных конденсаторов и т. д. Однако ток тут же должен уменьшиться приблизительно до величины 4—15 *ма*; если ток продолжает оставаться значительным, усилитель необходимо выключить и еще раз тщательно проверить схему на отсутствие коротких замыканий и правильность подсоединения источника питания.

Другая неприятность, с которой можно столкнуться сразу же после включения усилителя, — это самовозбуждение. Оно проявляется в виде свиста или свистящего шипения в громкоговорителе. При этом миллиамперметр, включенный в цепь питания, показывает значительный ток около 25—50 *ма* вместо указанного на схеме усилителя или приемника тока покоя (4—15 *ма* в зависимости от схемы и выходной мощности).

Характер и частота паразитных колебаний самовозбуждения могут быть точно определены с помощью осциллографа, подключенного к выходу приемника.

Однако прежде всего следует установить: в низкочастотной или высокочастотной части кроется причина самовозбуждения. Для этого следует отключить высокочастотную часть приемника (ее налаживанию будет посвящен следующий раздел).

Отсоединим верхнюю точку регулятора громкости R_9 (рис. 11), R_{13} (рис. 12) или R_{11} (рис. 13), а движок установим в положение, соответствующее максимальной громкости. Если самовозбуждение не исчезнет, то причина генерации в усилителе. Сначала нужно исключить возможность паразитной связи через источники питания. Для этого надо подсоединить параллельно зажимам батареи конденсатор емкостью 50—500 *мкф* и увеличить емкость конденсаторов развязки C_8 (рис. 11) или C_{30}, C_{31} (рис. 12) в 2—3 раза. Прекращение генерации и будет свидетельствовать о том что ее причиной была паразитная связь через общую цепь питания.

Однако рекомендованных мер может оказаться недостаточно для ликвидации паразитных связей через цепи питания отдельных каскадов. Поэтому в качестве следующей меры борьбы с самовозбуждением в усилителе НЧ можно рекомендовать введение в схему одного или нескольких конденсаторов: C_{11}, C_{12}, C_{18} (рис. 11); C_{28}, C_{34}, C_{35} (рис. 12) или C_{20}, C_{21} (рис. 13), а также резистора R_{16} (рис. 11). Все эти элементы влияют на частотную характеристику усилителя, и иногда введение даже одного из них может устранить самовозбуждение в области высших частот.

Проконтролировать наличие этого вида генерации можно, подключив осциллограф к цепям питания усилителя и к конденсаторам соответствующих развязок: C_8 (рис. 11), C_{30} (рис. 12) или C_{16} (рис. 13).

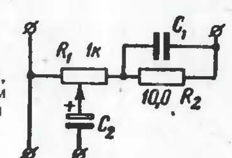


Рис. 19. Схема делителя напряжения.

Для трансляционной сети напряжением 15 *в* C_1=50 *пф*, R_2=150 *ком*; для трансляционной сети напряжением 30 *в* C_1=10 *пф*, R_2=300 *ком*; для звукоснимателя C_1=50 *пф*, R_2=25 *ком*.

Наряду с обычным самовозбуждением, в результате которого прослушивается непрерывный звуковой сигнал, может возникнуть и прерывистая генерация (релаксационные колебания), которая проявляется в виде характерных периодических щелчков («капание») с частотой от долей до сотен герц. В случае возникновения такой генерации следует уменьшить емкость переходных конденсаторов C_7, C_9 (рис. 11) и C_{27}, C_{29} (рис. 12), а также увеличить сопротивления резисторов и емкость конденсаторов общих развязывающих фильтров. На экране осциллографа при таком виде генерации видна пилообразная кривая или отдельные выбросы напряжения с различной частотой повторения.

После устранения неполадок в работе усилителя низкой частоты на базу первого транзистора T_3 (рис. 11), T_4 (рис. 12) и T_5 (рис. 13) подают напряжение низкой частоты от радиотрансляционной сети, со звуковой катушки громкоговорителя радиовещательного приемника, от звукоснимателя проигрывателя или от генератора звуковой частоты. В первых трех случаях напряжение снимается с делителя, схема которого показана на рис. 19; в последнем случае необходимо следить, чтобы выходное напряжение генератора звуковой частоты не превышало 0,1—0,2 *в* во избежание выхода из строя входного транзистора усилителя низкой частоты. Частота напряжения генератора обычно выбирается равной 1 000 *гц*, а амплитуда должна соответствовать той номинальной чувствительности, которая указана на схеме или в описании усилителя: обычно 2—5 *мв* для трехкаскадного и 3—30 *мв* для двухкаскадного усилителей.

При отсутствии генератора звуковой частоты о чувствительности усилителя низкой частоты ориентировочно можно судить по положению ручки потенциометра (схема на рис. 19). Потенциометр в этом случае должен иметь линейную зависимость сопротивления от угла поворота ручки. Если установить движок потенциометра R_1 в положение, соответствующее максимальной громкости, то при подключении делителя к трансляционной сети с напряжением 15 или 30 *в*

напряжение на входе усилителя составит 0,1—0,2 *в*. Перемещая движок потенциометра, можно примерно определить величину входного напряжения, при котором усилитель будет работать без сильных искажений и развивать достаточную мощность. Величина этого напряжения и представляет собой чувствительность усилителя. Попутно следует заметить, что подавать напряжение низкой частоты от трансляционной сети или звуковой катушки громкоговорителя сетевого приемника непосредственно на вход усилителя (т. е. без делителя) ни в коем случае нельзя, так как это приведет к порче входных транзисторов усилителя.

Рис. 20. Форма синусоидального напряжения на экране осциллографа при различных видах искажений.

а — искажений нет; *б* — мал ток покоя транзисторов выходного каскада; *в* — ограничение в выходном каскаде; K_f = 10%; *г* — то же, K_f = 20%; *д* — ограничение в предоконечном каскаде при асимметрии в выходном трансформаторе, значительная разница в параметрах выходных транзисторов; *е* — мал ток покоя оконечных транзисторов, ограничение в выходном каскаде; *ж* — мал ток транзисторов в выходном каскаде, ограничение в предоконечном каскаде или асимметрия в выходном; *з* — ограничение в выходном каскаде и мала индуктивность выходного трансформатора.

При правильно установленных режимах усилитель низкой частоты сразу работает хорошо и налаживание его сводится лишь к корректировке режима оконечного каскада и частотной характеристики. Если нелинейные искажения возникают при малой громкости (рис. 20, *б*), то необходимо несколько увеличить коллекторный ток транзисторов оконечного каскада, уменьшив для этого сопротивления резисторов R_{12} (рис. 11), R_{19} (рис. 12) или увеличив R_{22} (рис. 12), R_{15} (рис. 13).

Появление значительных нелинейных искажений при номинальной мощности может быть вызвано ограничением в предоконечном каскаде из-за неправильно установленного режима или в оконечном каскаде из-за неправильного выполнения выходного трансформатора (низкий к. п. д., отсутствие симметрии и т. д.). Величина максимальной неискаженной мощности определяется измерителем выхода, вольтметром переменного тока, подключенным к звуковой катушке громкоговорителя или резистору, равному по величине сопротивлению звуковой катушки, подключенному вместо громкоговорителя, по формуле

$$P_{(\text{мвт})} = 1\,000\,\frac{U^2_{(\text{в})}}{R_{\text{н(ом)}}}$$

или по графику на рис. 21.

Для измерения выходного напряжения $U_{\text{вых}}$ приемника можно использовать любой вольтметр переменного тока, работающий в диапазоне звуковых частот (до 5—10 *кгц*) и имеющий внутреннее сопротивление в 5—10 раз больше, чем сопротивление нагрузки.

О величине нелинейных искажений усилителя можно судить по качеству звуковоспроизведения или по форме кривой синусоидального напряжения на экране осциллографа, сравнивая полученную кривую

с кривыми на рис. 20. Для более точных измерений следует воспользоваться измерителем нелинейных искажений.

Корректировка частотной характеристики по качеству звучания производится обязательно с тем громкоговорителем (установленным в корпусе), который будет использоваться в данном приемнике. Качество звучания малогабаритных приемников, конечно, не может быть таким же хорошим, как у настольных, но все же подбором емкости конденсаторов C_{11}, C_{12} (рис. 11); C_{28}, C_{34}, C_{35} (рис. 12) или C_{20}, C_{21} (рис. 13) удается получить удовлетворительное качество воспроизве-

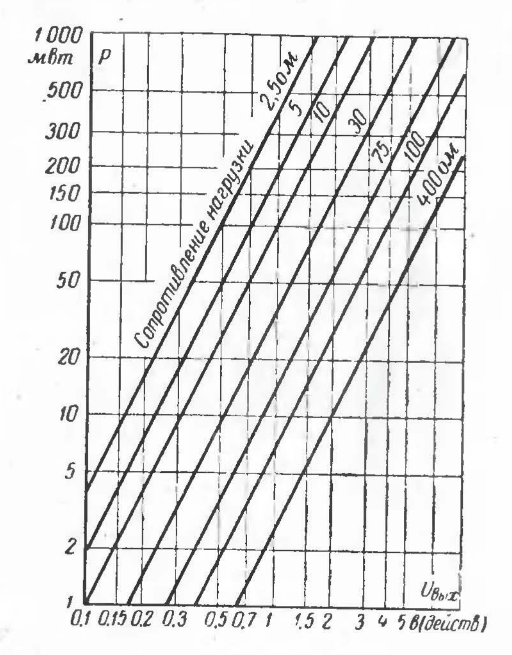


Рис. 21. График для определения выходной мощности.

дения. Заметим, что корректировку частотной характеристики малогабаритного приемника (качество звучания) надо производить не по графику (снимаемому при помощи генератора), а на слух по качеству звучания музыкальных и речевых передач с помощью изменения частотно-корректирующих цепей, о которых упоминалось выше.

НАЛАЖИВАНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ТРАКТА

Приемник прямого усиления. Налаживание приемника прямого усиления сравнительно несложно, и зачастую можно обойтись без специальной измерительной аппаратуры. Сразу после установления

режимов ВЧ транзисторов по постоянному току и налаживания УНЧ можно попытаться принять какую-либо радиостанцию. Иногда для этой цели может понадобиться комнатная или даже наружная антенна.

Если радиостанция слышна с достаточной громкостью, без свистов и искажений, то следует приступить к подгонке границ диапазона. При неполадках в работе приемника (сильные искажения принимаемых сигналов, свисты при приеме радиостанций, «капание» и «булькание», сопровождающее сигнал) следует в соответствии с рекомендациями, изложенными на стр. 5—12, определить место возникновения паразитной генерации и принять меры по ее устранению.

Подгонку границ диапазона можно проще всего выполнить, переведя первый каскад УВЧ в режим генерации. Для этого достаточно одним из более простых способов ввести положительную обратную связь. Можно, например, между коллектором первого транзистора T_1 (рис. 11) и верхним по схеме концом катушки контура включить конденсатор небольшой емкости 5—10 *пф*. При этом приемник начинает генерировать на частоте, весьма близкой к собственной частоте контура. Если генерация не возникает, следует поменять местами концы катушки связи.

Затем приемник подносят к гнезду «Антенна» обычного радиовещательного приемника (в это гнездо должен быть вставлен небольшой кусок провода) и, принимая сигналы генерирующего усилителя ВЧ, по шкале радиовещательного приемника определяют частоту генерации. Это позволяет, подбирая число витков катушки L_1 (рис. 11), установить необходимые границы диапазона и проградуировать шкалу транзисторного приемника. Чтобы повысить точность определения частоты, желательно пользоваться радиовещательным приемником с оптическим индикатором настройки. При отсутствии индикатора точную настройку на частоту генерации можно определить по звенящему тону, похожему на микрофонный эффект в усилителях низкой частоты. При постукивании по панели транзисторного приемника в громкоговорителе радиовещательного приемника раздаются характерные щелчки.

При наличии генератора стандартных сигналов к выходу его делительной головки между гнездом с обозначением 1 и землей включается кусок монтажного (жесткого) провода длиной 15—20 *см* в виде петли, плоскость которой располагается перпендикулярно магнитной антенне приемника на небольшом (5—10 *см*) расстоянии от него. Включается внутренняя модуляция сигнал-генератора (желательно 1 000 *гц*, так как частота 400 *гц* в малогабаритных приемниках прослушивается довольно плохо), устанавливается коэффициент модуляции в пределах 30—60% и, вращая ручку установки частоты ГСС, на его шкале находят точки, соответствующие крайним границам диапазона настраиваемого приемника.

Супергетеродинный приемник. Налаживание приемников супергетеродинного типа возможно как при наличии измерительных приборов, так и без применения таких приборов. В первом случае описание налаживания будет проводиться на примере высокочастотной части схемы, показанной на рис. 12, во втором случае — на примере схемы на рис. 13. Однако это не значит, что способы налаживания, изложенные применительно к схеме на рис. 13, неприемлемы при налаживании схемы, показанной на рис. 12, и наоборот.

Налаживание приемников супергетеродинного типа без применения измерительных приборов, как и в случае налаживания приемников прямого усиления, следует начинать с установления режимов транзисторов по постоянному току и налаживания усилителя НЧ. После выполнения этих работ целесообразно настроить усилитель ПЧ приемника. Для этого базу транзистора T_3 через конденсатор емкостью 0,05 *мкф* отрезком провода соединяют с анодным штырьком ламповой панели (или коллектором) усилителя ПЧ вспомогательного радиовещательного приемника, заранее настроенного на какую-нибудь местную радиостанцию. Регулятор громкости радиовещательного приемника при этом следует поставить в положение, соответствующее минимуму громкости. Вращением сердечника контура L_8C_{14} (рис. 13) добиваются получения максимальной громкости на выходе налаживаемого транзисторного приемника.

Более удобно вести настройку не на слух, а по прибору. Проще всего для этого воспользоваться вольтметром, подключив его параллельно сопротивлениям R_8, R_9 в цепи эмиттера транзистора T_3. При воздействии напряжения автоматической регулировки усиления на базу этого транзистора ток в цепи эмиттера уменьшается, поэтому по минимуму показаний прибора, включенного в эту цепь, можно судить о точности настройки контура L_8C_{14}. В случае перегрузки настраиваемого приемника укорачивают или даже вынимают совсем антенну вспомогательного приемника.

Убедившись в работоспособности усилителя ПЧ, переходят к настройке фильтра сосредоточенной селекции L_6C_9, L_7C_{11}. Для этого провод, несущий сигнал ПЧ, от вспомогательного приемника переносят на базу транзистора T_1 и по максимуму громкости или наименьшему отклонению стрелки прибора настраивают контуры фильтра. Подобным образом можно настроить контуры ПЧ приемника, выполненного по другой схеме, если, конечно, в этом приемнике промежуточная частота равна 465 *кгц*.

По окончании настройки тракта ПЧ переходят к налаживанию преобразовательного каскада. Налаживание преобразователей частоты — работа наиболее трудоемкая и требует большой тщательности. Преобразовательный каскад, выполненный по схеме рис. 13, налаживают в следующей последовательности. Сначала следует убедиться, что гетеродин приемника генерирует. Для этого, установив блок конденсаторов настройки в положение максимальной емкости, нужно попытаться принять сигнал гетеродина на вспомогательный вещательный приемник. В случае неудачи прежде всего следует поменять местами концы катушки связи L_4. Если в этом случае генерация не возникает, то нужно постепенно увеличить число витков катушки связи, периодически меняя ее концы местами, до получения устойчивой генерации во всем диапазоне. При нормальной работе гетеродина его сигнал, принятый радиовещательным приемником, не должен иметь паразитной модуляции, т. е. при расстройке приемника в обоих направлениях от основной частоты гетеродина не должно прослушиваться свистов и дополнительных сигналов. Чтобы налаживанию гетеродина не мешали радиовещательные станции, эту работу следует производить в дневное время, когда на средневолновом диапазоне принимается малое число радиостанций. Кроме того, провод, вставленный в гнездо антенны радиовещательного приемника, должен быть коротким.

В случае, если подбором количества витков катушек связи и отвода катушки L_5 не удается устранить паразитную генерацию, можно попробовать увеличить емкости развязывающих конденсаторов C_8 и C_{16}, ввести дополнительный развязывающий фильтр в цепь пита-

ния коллектора транзистора T_2 и уменьшить емкость переходного конденсатора C_7 до 15 000 — 6 000 *пф*.

Добившись нормальной работы гетеродина, можно приступить к подгонке его граничных частот. Для этого к гнезду «Антенна» вспомогательного приемника подсоединяют небольшой провод и располагают его в непосредственной близости от гетеродинного контура транзисторного приемника. Если коммутация контуров осуществляется по схеме рис. 13, то начинать подгонку следует со средневолнового диапазона. При коммутации контуров по схеме приемников «Гауйя» и «Нева» подгонку граничных частот можно начинать с любого из диапазонов.

При стандартной промежуточной частоте (465 *кгц*) и стандартном средневолновом диапазоне (1 620—520 *кгц*) частота гетеродина должна изменяться от 2 085 до 985 *кгц*. Одна из этих частот — 985 *кгц* (длина волны 305 *м*) может быть принята радиовещательным приемником в диапазоне средних волн. Если частота гетеродина транзисторного приемника принимается выше или ниже указанной частоты, то вращением подстроечного сердечника гетеродинного контура (при полностью введенном блоке конденсаторов переменной емкости) подгоняют его настройку к заданной частоте. Второе значение частоты гетеродина 2 085 *кгц* не входит в какой-либо вещательный диапазон. Поэтому высшую граничную частоту гетеродина устанавливают иначе — к транзисторному приемнику подключают внешнюю антенну, подносят ее к гетеродинной секции блока конденсаторов переменной емкости вспомогательного приемника и его сигнал принимают на транзисторный приемник. При этом вспомогательный приемник настраивают на частоту 1 155 *кгц*, что соответствует длине волны 257 *м*. Вращением блока конденсаторов переменной емкости транзисторного приемника настраиваются на частоту гетеродина вспомогательного приемника и изменением емкости подстроечного конденсатора подгоняют частоту гетеродина транзисторного приемника так, чтобы сигнал принимался при минимальном значении емкости блока конденсаторов переменной емкости. Затем, как обычно, опять подстраивают указанным способом конец диапазона (максимальная емкость блока), потом опять начало диапазона и т. д. несколько раз, пока не получится точная укладка в диапазон. Длинноволновый диапазон укладывать несколько проще, так как оба значения частоты гетеродина, соответствующие началу и концу диапазона, входят в диапазон средних волн вспомогательного приемника. Частоты настройки (опорные частоты) для диапазона ДВ соответственно равны: начало 875 *кгц* (342 *м*) и конец 615 *кгц* (490 *м*).

Во всех случаях настройка входных контуров производится по принимаемым станциям передвижением контурных катушек L_1 и L_2 по ферритовому стержню антенны (конец диапазона) и изменением емкости подстроечных конденсаторов (начало диапазона).

В приемнике, схема которого приведена на рис. 13, для упрощения коммутации диапазон ДВ несколько сокращен и настройка его упрощена. Подбором конденсатора C_3 (после укладки диапазона СВ) при максимальной емкости конденсаторов блока настройки следует подогнать только конец ДВ диапазона на частоте 615 *кгц* по шкале вспомогательного приемника. При этом начало диапазона устанавливается автоматически на частоте 350 *кгц*, что соответствует частоте гетеродина 815 *кгц* (370 *м*). Входной контур диапазона ДВ подстраивают в конце изменением индуктивности катушки L_2 и подбором емкости конденсатора C_2 (начало диапазона).

В случае возбуждения приемника в начале диапазона длинных волн (на частотах, близких к промежуточной) следует поменять местами концы катушки L_3, уменьшить число ее витков или зашунтировать входной контур резистором с сопротивлением 50—300 *ком*. При этом, естественно, несколько ухудшается чувствительность приемника.

Налаживание приемников супергетеродинного типа значительно упрощается при применении измерительной аппаратуры (ГСС, милливольтметр переменного тока, осциллограф) а результаты, безусловно, получаются лучшими. В этом случае после налаживания усилителя низкой частоты и установления режимов высокочастотных транзисторов по постоянному току сигнал-генератор, настроенный на частоту 465 *кгц* и 30%-ную модуляцию, подсоединяют через разделительный конденсатор емкостью 0.05—0,1 *мкф* к базе транзистора T_3 (рис. 12). Земляной провод от делителя генератора сигналов подключают к корпусу приемника. Установив напряжение на выходе сигнал-генератора (на базе транзистора T_3) 1 *мв* и подключив в качестве индикатора резонанса милливольтметр со шкалой 10 *мв* к выходу детекторного каскада (параллельно резистору R_{13}), вращением сердечника катушки L_{15} добиваются максимума показаний милливольтметра. Затем напряжение в 30—50 *мкв* от сигнал-генератора подводится к базе транзистора T_2. Вращая ручку настройки сигнал-генератора, определяют частоту, на которой окажется точная настройка контура $L_{15}C_{23}$. Если изменение частоты при этом не превышает 3—4 *кгц*, то это означает, что величина емкости нейтрализации последнего каскада УПЧ выбрана правильно. В случае значительных уходов частоты контура $L_{15}C_{23}$ (больше 4—10 *кгц*) величину емкости конденсатора C_{22} следует уменьшить, если контур $L_{15}C_{23}$ настроен выше частоты 465 *кгц*, и увеличить, если контур $L_{15}C_{23}$ настроен ниже частоты 465 *кгц*.

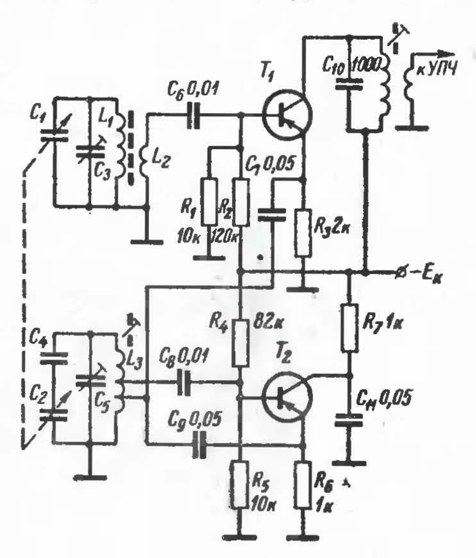


Рис. 22. Схема преобразовательного каскада с отдельным гетеродином.

После подбора емкости конденсатора C_{22} милливольтметр подсоединяют к звуковой катушке громкоговорителя приемника и по его показаниям регулируют выходное напряжение сигнал-генератора до получения 0,1 номинальной выходной мощности приемника. Величина напряжения сигнал-генератора будет соответствовать чувствительности тракта промежуточной частоты, которая должна лежать

в пределах 20—30 *мкв*. При значительных отклонениях чувствительности от указанной следует проверить режимы транзисторов T_2 и T_3 по постоянному току и, если они соответствуют указанным в схеме, несколько увеличить токи обоих транзисторов (на 10—15%) путем уменьшения сопротивления резистора R_5 для T_2 и резистора R_8 для T_3. При этом следует убедиться, что в усилителе промежуточной частоты не возникает самовозбуждение; для этого отсоединяют сигнал-генератор от приемника и к верхнему (по схеме) выводу катушки L_{16} подключают милливольтметр со шкалой 10 *мв*. При наличии самовозбуждения стрелка прибора зашкаливает, а при отсутствии — может колебаться в пределах 2—5 *мв*.

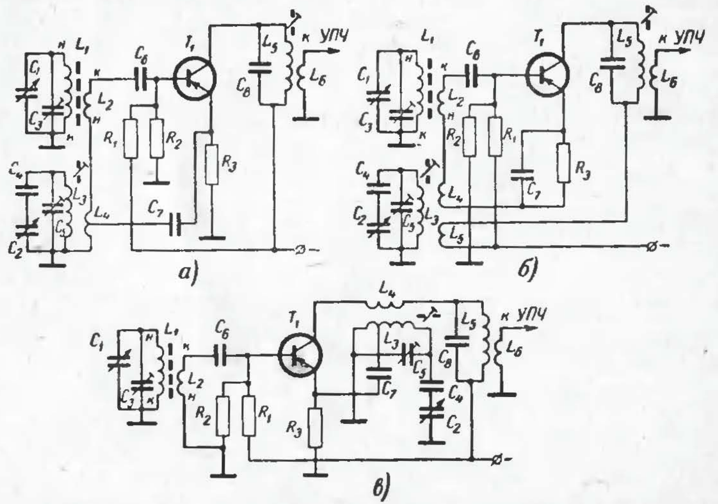


Рис. 23. Схемы преобразовательных каскадов на одном транзисторе.
а — гетеродин в схеме с общим коллектором; *б* — гетеродин в схеме с общим эмиттером; *в* — гетеродин в схеме с общей базой.

После настройки усилителя промежуточной частоты следует подсоединить сигнал-генератор к базе транзистора T_1. Колебания гетеродина в данной схеме при этом автоматически прекратятся, а в случае применения другой схемы преобразователя, например на рис. 23, *в*, их следует прекратить, соединив эмиттер преобразовательного каскада с общим проводом конденсатором емкостью 0,03—0,1 *мкф*. Сигнал-генератор настраивают на частоту 465 *кгц* и поочередным вращением сердечников контуров $L_{11}C_{14}$, $L_{13}C_{16}$, $L_{14}C_{18}$ добиваются точной настройки контуров по максимуму напряжения на выходе детекторного каскада. Чувствительность с базы транзистора T_1 при 0,1 выходной мощности должна быть в пределах 2—3 *мкв*.

Полосу пропускания тракта промежуточной частоты и избирательность по соседнему каналу оценивают, расстраивая сигнал-генератор в обе стороны от резонансной частоты и поддерживая неизменным выходное напряжение приемника регулировкой выходного напряжения сигнал-генератора. При этом полоса пропускания приемника на уровне 0,5 должна лежать в пределах 6—9 *кгц* [465± ±(3—4,5 *кгц*)], а уровень входного напряжения, необходимый для поддержания уровня выходного напряжения при расстройке ГСС на ±10 *кгц*, должен быть больше исходного в 30—40 раз. При худшем чем в 30 раз ослаблении соседнего канала и при большей чем 9 *кгц* полосе пропускания следует проверить добротность контуров фильтра сосредоточенной селекции и номиналы конденсаторов связи C_{15} и C_{17}. Ухудшение добротности контуров возможно из-за обрыва одной из жилок литцендрата, которым обычно наматывают катушки.

Максимальная чувствительность приемника со входа преобразовательного каскада по напряжению промежуточной частоты должна быть в пределах 2—3 *мкв*. При меньшей чувствительности приемника следует подобрать (в сторону уменьшения) емкость конденсатора C_{11}. Полностью устранить его из схемы нельзя, так как при этом может нарушиться нормальная работа преобразователя, особенно в начале средневолнового диапазона. Естественно, что при изменении емкости конденсатора C_{11} появится необходимость уточнить настройку контура $L_{11}C_{14}$. Чувствительность приемника при соотношении сигнал/шум на выходе 10 : 1 может быть в пределах 3—4 *мкв*; при худшей чувствительности следует заменить транзистор T_1 не менее шумящий.

Следует отметить, что неполадки, обнаруженные при налаживании УПЧ супергетеродинного приемника, аналогичны неполадкам в высокочастотных трактах приемников прямого усиления. Поэтому все, что касалось устранения неполадок в приемниках прямого усиления справедливо и для каскадов усиления промежуточной частоты супергетеродинного приемника.

Кроме правильного выбора режимов транзисторов преобразователя и гетеродина (если применен отдельный гетеродин) по постоянному току, необходимо достаточно точно выбрать и установить режим по переменному току. В зависимости от применяемой схемы преобразователя частоты встречаются различные трудности в установлении этих режимов. В преобразователях частоты, работающих с отдельным гетеродином, налаживание гетеродина, как правило, не вызывает затруднений. При правильном присоединении концов катушек связи к соответствующим электродам транзистора гетеродин генерирует колебания достаточно синусоидальной формы. Одним из условий для нормальной работы гетеродина является степень его нагрузки преобразовательным каскадом, которая регулируется подбором количества витков катушки связи преобразователя с контуром гетеродина и подбором режима преобразовательного и гетеродинного транзисторов по постоянному току. Токи транзисторов T_1 и T_2 в схеме на рис. 22 выбирают в пределах 0,5 — 1 *ма* для T_2 по наличию устойчивых колебаний во всех диапазонах частот и 0,3—0,7 *ма* для T_1 по отсутствию генерации на частотах, близких к промежуточной, и максимальному усилению в режиме преобразования.

Налаживание преобразователей частоты, в которых смеситель и гетеродин выполнены на одном транзисторе, несколько сложнее. Прежде всего следует отметить, что в случае возникновения генерации на частотах, близких к промежуточной (конец диапазона СВ и начало ДВ), надо постепенно уменьшать ток коллектора транзистора преобразовательного каскада до исчезновения самовозбуждения. При отсутствии генерации в конце какого-либо из диапазонов следует несколько увеличить количество витков катушки обратной связи с контуром гетеродина в цепи базы транзисторов T_1 для схем

на рис. 23, *а* и *б* и в цепи коллектора T_1 для схемы на рис. 23, *в*. При прерывистой генерации в начале какого-либо диапазона следует уменьшить число витков этих катушек. Уменьшать или увеличивать число витков следует не более чем на 1—2 витка, так как полное число витков этих катушек обычно невелико (5—15). Если указанные меры окажутся недостаточными, можно последовательно с катушкой связи в цепь эмиттера включить резистор 27—51 *ом*. Существенное значение в нормальной работе гетеродина имеет правильное включение концов катушки связи с входным контуром. При намотке катушки связи в одном направлении с катушкой входного контура они должны быть включены, как указано в схеме на рис. 23.

Заметим, что схеме на рис. 23, *а* следует отдать предпочтение при наличии паразитных связей между входным и гетеродинным контурами, которые оказывают на нее наименьшее влияние. Так как количества витков катушек связи во всех приведенных схемах практически одинаковы, то схемы на рис. 23, *б* и *в* можно легко превратить в схему на рис. 23, *а*, что может быть иногда применено в виде крайней меры.

При наличии милливольтметра переменного тока следует проконтролировать режим работы преобразовательного каскада в пределах каждого из диапазонов. Напряжение на эмиттере транзистора T_1 в схемах на рис. 23, *а* и *в* должно быть в пределах 40—80 *мв* (большее значение соответствует более высокой частоте диапазона). Правильность режима преобразовательного каскада можно также проверить сравнением чувствительности приемника на промежуточной частоте и на частоте принимаемого сигнала. Чувствительность на промежуточной частоте должна быть выше не более чем на 30—35%. При наличии сильных шумов преобразовательного каскада следует сначала убедиться, что это действительно шумы транзистора, а не паразитная генерация на промежуточной частоте или релаксационные колебания (аналогичные возникающим при работе транзистора в сверхгенеративном режиме), и только после этого заменить транзистор на менее шумящий. При релаксационных колебаниях в преобразовательном каскаде следует увеличить емкость конденсатора и сопротивление резистора в цепи фильтра развязки, а при отсутствии фильтра — поставить его в схему. Низкое качество фильтра в цепи питания преобразовательного каскада на коротких волнах может привести к генерации, похожей на микрофонный эффект. Этот вид генерации можно определить, устранив акустическую связь между монтажной платой приемника и громкоговорителем, например, отнеся последний на некоторое расстояние. Монтажные соединения в схеме преобразовательного каскада, особенно в цепях эмиттера и базы транзистора, должны быть возможно более короткими. Следует также учесть, что иногда прерывистая генерация в начале диапазона может быть вызвана тем, что контур гетеродина не уложен в заданные границы и перекрывает диапазон частот, значительно больший необходимого. Подсоединение конденсатора емкостью 10—20 *пф* параллельно катушке гетеродинного контура прекращает этот вид генерации. Возможна также генерация в конце средневолнового или в начале длинноволнового диапазонов, которая вызывается тем, что входные контуры этих диапазонов из-за неточной настройки оказываются настроенными слишком близко к промежуточной частоте. Изменением настройки этих контуров можно легко убедиться в причине генерации преобразовательного каскада и прекратить ее.

После подгонки режима транзистора преобразовательного каскада следует перейти к укладке частот гетеродина в заданные диапазоны. Согласно ГОСТ на радиовещательные приемники границы диапазонов и соответствующие им частоты настроек гетеродинных контуров (для промежуточной частоты 465 *кгц*) имеют следующие значения:

	Входной контур	Гетеродинный контур
ДВ	415—150 *кгц*	800—615 *кгц*
СВ	1 600—520 *кгц*	2 065—985 *кгц*
КВ	12,1—3,95 *Мгц*	12,565—4,415 *Мгц*

Если катушки контуров гетеродина различных диапазонов соединены последовательно, т. е. катушка предыдущего диапазона составляет часть индуктивности контура следующего диапазона, укладку диапазонов частот гетеродинного контура следует начинать с более высокочастотного диапазона. В случае, если в схеме приемника применена коммутация гетеродинных контуров, при которой для каждого из диапазонов приемника имеется отдельная катушка индуктивности, укладку частот гетеродина можно начинать с любого диапазона. Во время укладки диапазона на настройку входного контура можно не обращать внимания, так как он не определяет принимаемой частоты и его можно подстраивать до заданных границ после укладки гетеродинного контура. При этом соблюдается следующая последовательность. Сигнал-генератор с помощью витка связи, присоединенного к делительной головке, или с помощью специальной рамки (описание ее см. ниже) связывается с ферритовой антенной приемника. Конденсатор переменной емкости приемника устанавливается в положение, соответствующее максимальной емкости, и сигнал-генератор с включенной 30%-ной модуляцией настраивают с некоторым запасом (порядка 1% по частоте в сторону расширения диапазона) на нижнюю граничную частоту укладываемого диапазона. Затем вращением подстроечного сердечника катушки контура гетеродина L_7 (рис. 12) по любому индикатору (на слух или с помощью тестера, включенного так же, как при настройке тракта усиления промежуточной частоты) добиваются максимальной громкости приема сигнала. Далее конденсатор переменной емкости приемника ставят в положение минимальной емкости, сигнал-генератор настраивают с тем же запасом на верхнюю границу укладываемого диапазона и вращением подстроечного конденсатора в контуре гетеродина добиваются приема этой частоты. При этом, естественно, несколько уходит настройка гетеродинного контура на нижней граничной частоте, поэтому конденсаторы переменной емкости опять ставят в положение максимальной емкости, сигнал-генератор настраивают на прежнее значение нижней границы и вновь сердечником катушки гетеродинного контура уточняют настройку. Это в свою очередь приводит к расстройке высокочастотного конца диапазона, т. е. блок конденсаторов настройки приемника вновь придется установить в положение минимальной емкости, настроить ГСС на прежнее значение верхней граничной частоты и подстроечным конденсатором уточнить настройку этого конца диапазона. Повторив эти операции 3—4 раза, можно уложить диапазон приемника в заданные границы.

Уложив все диапазоны частот, переходят к сопряжению настроек входного и гетеродинного контуров. Чтобы супергетеродинный приемник имел максимальную чувствительность и избирательность, необходимо добиться точного совпадения принимаемого сигнала, преоб-

разованного в промежуточную частоту, с резонансной частотой усилителя промежуточной частоты. Это достигается только тогда, когда частота гетеродина приемника отличается от частоты принимаемого сигнала на величину промежуточной частоты. При этом входной контур должен быть настроен на частоту принимаемого сигнала и благодаря своим резонансным свойствам должен усиливать принимаемый сигнал по отношению к ненужным сигналам на входе приемника. Однако это возможно только в случае, если конденсаторы переменной емкости контура гетеродина имеют специальную форму пластин, при которой изменение емкости контура гетеродина позволит получить точное сопряжение для всех частот диапазона.

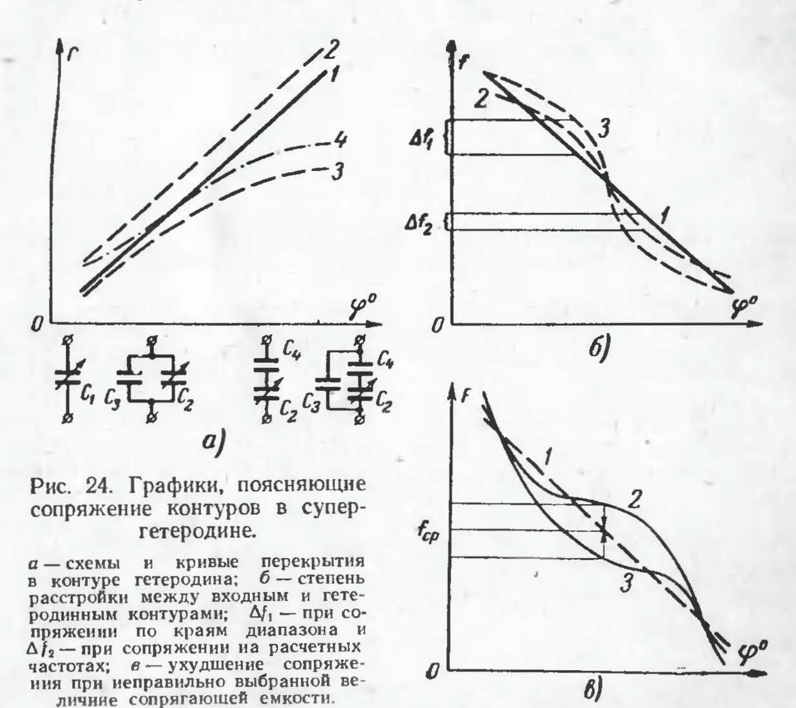


Рис. 24. Графики, поясняющие сопряжение контуров в супергетеродине.

а — схемы и кривые перекрытия в контуре гетеродина; *б* — степень расстройки между входным и гетеродинным контурами; Δf_1 — при сопряжении по краям диапазона и Δf_2 — при сопряжении на расчетных частотах; *в* — ухудшение сопряжения при неправильно выбранной величине сопрягающей емкости.

В некоторых промышленных приемниках, работающих в одном диапазоне, находят применение блоки конденсаторов переменной емкости с разной формой пластин. В приемниках с несколькими диапазонами применяют конденсаторы переменной емкости с одинаковыми по форме пластинами в обоих контурах. В этом случае прибегают к искусственной подгонке закона изменения емкости гетеродинной секции блока конденсатора переменной емкости путем подсоединения последовательно и параллельно с ней сопрягающих конденсаторов постоянной емкости. При этом точное сопряжение настроек входного и гетеродинного контуров обычно получают только в некоторых точках сопрягаемого диапазона (в начале, середине и конце). Во всех остальных точках будет наблюдаться расхождение настроек, которые

должны находиться в пределах полосы пропускания входного контура (что не приводит к заметному снижению чувствительности приемника в этих точках). Наименьшее расхождение расстроек, а следовательно, изменение чувствительности приемника возможно лишь при вполне определенных значениях сопрягающих конденсаторов, индуктивности в контуре гетеродина и распределении точек полного сопряжения по частотам диапазона. Обычно сопряжение осуществляется в трех точках диапазона (кривая *2*, рис. 24, *б*). При проектировании приемников значение величин емкостей и индуктивностей определяется при расчете сопряжения контуров, а при изготовлении конструкции по описанию необходимо с большой точностью придерживаться указанных величин емкостей конденсаторов сопряжения, а также величины индуктивностей (число витков) катушек гетеродинных контуров. Ниже приведены значения частот точного сопряжения для стандартных диапазонов:

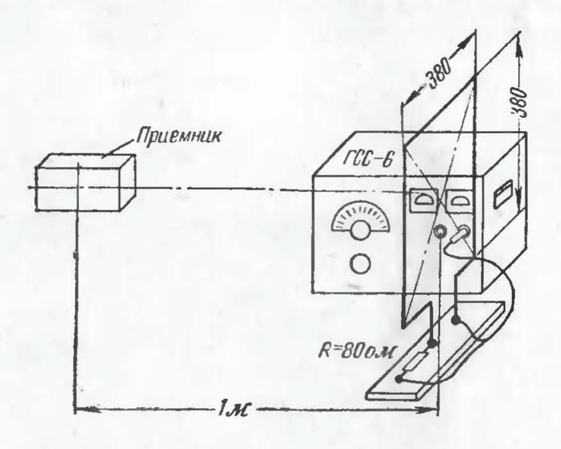


Рис. 25. Рамка для настройки приемника и определение чувствительности по полю.

	f_1	$f_{ср}$	f_2
ДВ	395 *кгц*	280 *кгц*	165 *кгц*
СВ	1 510 *кгц*	1 080 *кгц*	650 *кгц*
КВ	11,5 *Мгц*	8 *Мгц*	4,5 *Мгц*

Обычно при точно подобранной величине последовательного конденсатора и правильно уложенном в диапазон контуре гетеродина сопряжение входных контуров производят в двух точках каждого диапазона, соответствующих частотам f_1 и f_2, а сопряжение в точке $f_{ср}$ получается как результат расчета и установки f_1 и f_2. Точка $f_{ср}$, таким образом, служит для контроля правильности выбора элементов сопряжения, в частности, емкости последовательного конденсатора.

После укладки гетеродинных контуров в заданный диапазон переходят к сопряжению входных контуров. Сигнал-генератор следует слабо связывать с входным контуром: либо с помощью витка связи,

либо с помощью специальной рамки, которая позволяет одновременно измерить чувствительность приемника по полю, выраженную в *мкв/м*[1] (габариты, рамки и способ связи с ней приемника приведены на рис. 25). Далее по шкале сигнал-генератора устанавливают частоту f_2 и изменением емкости блока конденсаторов настройки добиваются точной настройки приемника на эту частоту. После этого путем перемещения катушки контура по стержню ферритовой антенны, вращением подстроечного сердечника катушки контура в приемнике без ферритовой анатенны или изменением числа ее витков при отсутствии подстроечного сердечника добиваются максимального напряжения на выходе приемника. Подстройку следует производить при минимально возможном выходном напряжении сигнал-генератора, чтобы избежать маскирующего действия системы АРУ в приемнике.

Затем сигнал-генератор настраивают на частоту f_1, на эту же частоту возможно точнее настраивают приемник и производят подстройку входного контура (с помощью изменения емкости подстроечного конденсатора). В дальнейшем повторяется тот же процесс, что и при укладке частот гетеродинных контуров: сигнал-генератор и приемник опять настраивают на частоту f_2 и производят подстройку входного контура индуктивностью, затем сигнал-генератор и приемник перестраивают на частоту f_1 и производят подстройку входного контура емкостью и так несколько раз до получения максимальной чувствительности приемника.

В радиолюбительских конструкциях приемников применяются иногда самодельные подстроечные конденсаторы, представляющие собой отрезок медной проволоки диаметром 1—1,5 *мм* и длиной 1,5—2 *см* в лаковой изоляции, обмотанной проводом меньшего диаметра (0,1—0,2 *мм*). Изменение емкости такого конденсатора производится сматыванием или доматыванием тонкого провода. Настройку входных контуров, катушки которых намотаны на стержне ферритовой антенны, обычно производят перемещением этих катушек вдоль по стержню. В обоих случаях влияние рук заметно усложняет процесс настройки. Чтобы установить, точно ли настроены входные контуры после очередной подстройки, обычно применяют индикатор настройки, состоящей из отрезка ферритового стержня и короткозамкнутого кольца медной голой проволоки диаметром 1—1,5 *мм*. Поднесение ферритового стержня к катушке входного контура понижает частоту его настройки, поднесение короткозамкнутого витка проволоки — повышает. Поэтому, например, если при поднесении ферритового стержня к настраиваемому контуру напряжение на выходе приемника увеличивается, необходимо уменьшить частоту контура увеличением его индуктивности (на частоте f_2) или емкости (на частоте f_1). Увеличение выходного сигнала при поднесении медного кольца требует повышения частоты контура.

По окончании сопряжения каждого из диапазонов следует проверить точность сопряжения в точке f_{cp}. Если при этом окажется, что входной контур заметно расстроен, а чувствительность приемника понижена, то необходимо изменить емкость последовательного сопрягающего конденсатора. Для этого необходимо установить, куда ушла настройка входного контура: выше или ниже по частоте.

[1] Если приемник не рассчитан на работу с ферритовой антенной сигнал-генератор подсоединяют к гнездам «Антенна» и «Земля» через конденсатор емкостью 100 *пф*.

Если выше (сигнал увеличивается при поднесении ферритового стержня), го емкость конденсатора сопряжения необходимо увеличить, если ниже (сигнал увеличивается при поднесении медного кольца), то емкость этого конденсатора необходимо уменьшить. Очевидно, что после изменения емкости сопрягающего конденсатора укладку диапазона гетеродинного контура и процесс сопряжения придется произвести заново.

В ряде транзисторных приемников, особенно автомобильного типа, для перестройки высокочастотных контуров применяется блок переменных индуктивностей. Обычно изменение индуктивности катушек такого блока производится путем передвижения альсиферовых

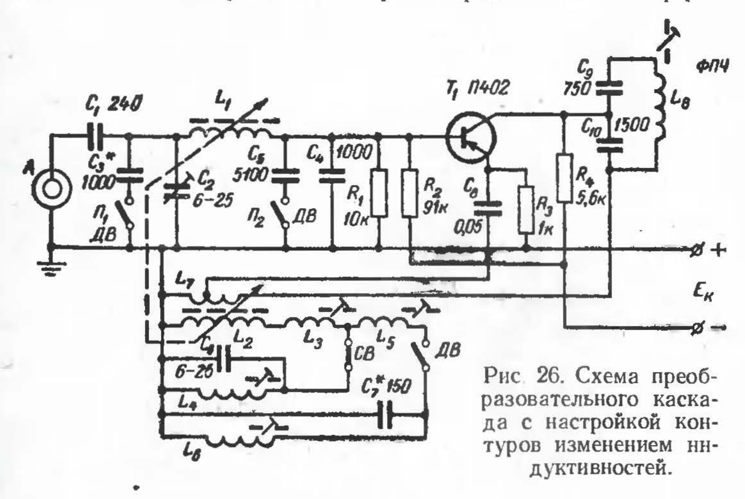


Рис. 26. Схема преобразовательного каскада с настройкой контуров изменением индуктивностей.

или ферритовых сердечников (поэтому такой блок часто называют ферровариометром). Сопряжение контуров в таком приемнике осуществляется не с помощью сопрягающих конденсаторов, а с помощью сопрягающих катушек индуктивности. На рис. 26 представлена высокочастотная часть схемы приемника с перестройкой контуров с помощью ферровариометра. Так как обычно получить большое перекрытие по индуктивности не удается, входные контуры не имеют элементов укладки начала и конца поддиапазонов. Это обстоятельство обусловливает некоторые трудности в сопряжении входных и гетеродинных контуров. Настройка приемников подобного типа без помощи измерительных приборов весьма затруднительна, а при наличии последних осуществляется следующим образом. Генератор стандартных сигналов через эквивалент антенны подсоединяют к входу приемника. К базе первого транзистора T_1 подключают милливольтметр, и с помощью конденсатора C_2 на средневолновом и конденсатора C_3 на длинноволновом диапазонах частоты входного контура укладывают в заданные границы. Затем по шкале сигнал-генератора устанавливают частоту точного сопряжения диапазона средних волн и по максимуму показаний милливольтметра настраивают входной контур на заданную частоту. Затем, уменьшив выходное напряжение сигнал-генератора во избежание перегрузки приемника, подстраивают ка-

тушку L_3 контура гетеродина до получения максимального сигнала на выходе приемника. В такой же последовательности перестраивают входной контур на частоту f_2 и сопрягают с ним контур гетеродина на этой частоте с помощью катушки L_4. Если в контрольной точке f_{cp} точного сопряжения не получится, следует несколько изменить емкость конденсатора C_6 и повторить операцию сопряжения снова.

На длинноволновом диапазоне на частоте f_1 сопряжение осуществляется изменением индуктивности катушки L_5, а на частоте f_2 — катушкой L_6. При правильно сопряженном диапазоне средних волн на длинноволновом диапазоне после укладки контура гетеродина с помощью катушек L_5 и L_6 подстройки на частоте f_{cp}, как правило, не требуется.

После окончания настройки приемника и подключения антенны необходимо при приеме какой-либо радиостанции в любой точке диапазона подстроить по максимальной громкости приема конденсатор C_2. Желательно, чтобы сигнал от радиостанции не был слишком велик, в противном случае действие системы АРУ затрудняет точную подстройку приемника на слух.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИЕМНИКОВ И ИХ ИЗМЕРЕНИЕ

После того как приемник налажен, естественно, появляется желание оценить качество его работы сравнительно с аналогичными заводскими приемниками.

Оценка качества работы приемника производится по электрическим характеристикам, предусмотренным Государственным общесоюзным стандартом. ГОСТ предусматривает также деление выпускаемых в Советском Союзе приемников на классы. В ГОСТ входят многие параметры приемников, измерение которых не по силам радиолюбителям из-за отсутствия специальной измерительной аппаратуры. Поэтому остановимся только на наиболее важных параметрах, четкое представление о которых необходимо иметь каждому радиолюбителю.

Чувствительность — способность принимать слабые сигналы. Различают чувствительность по напряжению на входе приемника (сигнал от внешней антенны), измеряемую в микровольтах, и чувствительность по полю, измеряемую в микровольтах на метр. Заметим, что напряженность поля численно равна напряжению сигнала, наводимого в антенне с действующей высотой 1 *м*. Действующая высота антенны — условное понятие и обычно составляет 0,7—0,8 от ее геометрических размеров. Величина напряжения (э. д. с.) в микровольтах на входе приемника, работающего с внешней антенной, будет равна произведению действующей высоты антенны на напряженность поля. Величина напряжения на входном контуре приемника, работающего с ферритовой антенной, равна произведению действующей высоты ферритовой антенны на напряженность поля и добротность катушки антенного контура. Действующая высота ферритовой антенны очень мала: для антенны, размещенной в корпусе карманного приемника, она обычно составляет 0,01—0,02 *м* для диапазона средних волн и 0,005—0,01 *м* для диапазона длинных волн.

Судить о возможности приема тех или иных радиостанций можно по следующим ориентировочным данным. Очень хорошо (громко) могут быть слышны местные станции, которые создают напряженность поля 5 000—10 000 *мкв/м*. Хорошо слышимые дальние станции создают напряженность поля от 500 до 1 500 *мкв/м*, станции средней слышимости развивают напряженность поля около 100 *мкв/м*.

Измерение чувствительности приемника, рассчитанного для работы с внешней антенной, производится по схеме, приведенной на рис. 27. Напряжение высокочастотного модулированного сигнала подводится к входу приемника от делительной головки сигнал-генератора через эквивалент антенны (конденсатор C_1). Сигнал на выходе приемника измеряется вольтметром переменного тока. Ввиду того что уровень речевых и музыкальных передач (напряжение на выходе приемника) заметно изменяется в такт с воспроизводимой передачей от минимального в паузе до максимального в моментах громкой ре-

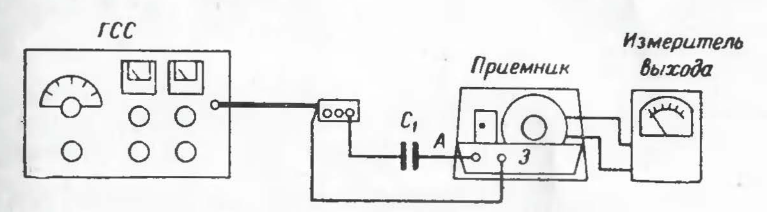


Рис. 27. Схема измерения чувствительности и избирательности приемников.

чи или музыки, а модуляция в сигнал-генераторах, как правило, осуществляется одной звуковой частотой с постоянным уровнем, измерение чувствительности носит условный характер. Глубину модуляции в сигнал-генераторе устанавливают равной 30% при частоте модулирующего сигнала 400 или 1 000 *гц*. В этом случае напряжение низкой частоты на выходе детекторного каскада приемника будет примерно в 3 раза меньше максимально возможного при наибольшей допустимой глубине модуляции 100%. Следовательно, выходная мощность приемника, пропорциональная квадрату напряжения, уменьшается в 10 раз.

Чтобы измерить чувствительность приемника на какой-либо частоте, необходимо установить значение этой частоты на шкале сигнал-генератора. Затем ручкой «Установка несущей» установить уровень несущей частоты при выключенной модуляции по шкале прибора «Уровень несущей» (обычно 1 *в*). Включить внутреннюю модуляцию и по шкале прибора «Глубина модуляции» установить глубину модуляции 30%. Приемник настраивают на заданную частоту по наибольшей громкости или максимальному отклонению стрелки прибора, подключенного к выходу приемника параллельно звуковой катушке громкоговорителя. Регулятор громкости приемника должен стоять в положении наибольшей громкости. Если радиолюбителю неизвестна примерная чувствительность испытываемого приемника, то напряжение на выходе сигнал-генератора при первоначальной установке частоты должно быть в пределах 1 000—5 000 *мкв*.

Сигнал от ГСС должен быть такой величины, при которой прибор на выходе приемника показывает напряжение на 10—15% меньше максимально допустимого. Это будет соответствовать полной выходной мощности приемника. Затем ручкой плавного аттенюатора доби-

ваются такого положения, при котором на выходе приемника напряжение уменьшается в 3 раза, и отсчитывают величину выходного напряжения сигнал-генератора. Полученная величина будет соответствовать максимальной чувствительности приемника в микровольтах. Иногда при большом сигнале на входе приемника осуществить точную настройку на частоту сигнала не удается, поэтому при уменьшении сигнала на входе следует периодически подстраивать приемник.

Для высококачественного воспроизведения звука уровень собственных шумов приемника должен быть значительно ниже принимаемых сигналов (по ГОСТ не менее чем в 10 раз). Чтобы определить уровень шума на выходе приемника, при измерении чувствительности следует выключить модуляцию сигнал-генератора и измерить напряжение на выходе приемника; оно должно быть не менее чем в 10 раз меньше максимального выходного напряжения. Если отношение сигнал/шум менее 10, следует уменьшить напряжение шумов на выходе приемника вращением ручки регулятора громкости. При этом, естественно, уменьшится чувствительность приемника и напряжение на выходе сигнал-генератора придется несколько увеличить (модуляция должна быть включена!), новое напряжение на выходе сигнал-генератора будет соответствовать значению номинальной чувствительности приемника.

Иногда необходимо измерить чувствительность входа того или иного каскада усиления высокой или промежуточной частоты. В этих случаях присоединять сигнал-генератор к входу отдельных каскадов приемника надо через разделительный конденсатор, чтобы не нарушать режимов транзисторов по постоянному току. Величина емкости этого конденсатора должна быть такой, чтобы емкостное сопротивление конденсатора переменному току высокой частоты, подводимой от сигнал-генератора, было значительно меньше входного сопротивления базовой цепи, к которой подводится это напряжение.

При измерении чувствительности приемника в целом необходимо связывать сигнал-генератор с приемником таким образом, чтобы избежать расстройки и шунтирования входного контура. Обычно такое подсоединение осуществляется одним из следующих способов. Если приемник рассчитан для работы с внешней антенной длиной в несколько метров, то последовательно с выходом сигнал-генератора включают эквивалент антенны, состоящей из емкости, индуктивности и активного сопротивления. Радиолюбителям не всегда удается выполнить подобный эквивалент антенны, и обычно вместо него включают конденсатор емкостью 75—150 *пф.* Если приемник рассчитан для работы со штыревой антенной, то в качестве ее эквивалента последовательно с выходом сигнал-генератора включают конденсатор емкостью 10—15 *пф.* При наличии в приемнике встроенной ферритовой антенны к выходу сигнал-генератора подключают виток проволоки, который создает электромагнитное поле (см. рис. 25).

Избирательность — способность приемника выделить необходимый сигнал из множества сигналов. При плохой избирательности приемник даже с высокой чувствительностью окажется непригодным, так как он будет принимать сигналы сразу нескольких радиостанций, расположенных близко по частоте. Полоса частот, занимаемых радиовещательным передатчиком, обычно составляет около 9 *кгц.* По международным соглашениям частоты радиовещательных станций располагаются через 9 *кгц.* Следовательно, наиболее близкими и опасными с точки зрения помех являются радиостанции, работающие в соседнем канале, т. е. отстоящие по частоте на ±9 *кгц.* Однако для упрощения измерений, так как по шкале ГСС трудно отсчитать 9 *кгц*, обычно избирательность измеряют при расстройках ±10 *кгц.* При ослаблении мешающих сигналов в 10 раз помеха от соседней радиостанции прослушивается еще достаточно хорошо; при ослаблении в 100 раз она практически не мешает приему. Так как напряженность поля радиостанции, работающей в соседнем канале, может быть больше напряженности поля принимаемой радиостанции, то желательно иметь ослабление сигналов мешающих радиостанций возможно бо́льшим.

Избирательность приемника зависит от количества настраивающихся резонансных контуров. Чем больше контуров в приемнике, тем выше его избирательность. В приемниках прямого усиления получить удовлетворительную избирательность при современном количестве передающих станций, как правило, не удается. Заметим, что увеличение количества перестраиваемых по частоте контуров приводит к значительному увеличению габаритов приемника и неравномерности усиления по диапазону частот. По схеме прямого усиления можно изготовлять приемники, предназначенные только для приема местных мощных радиостанций, сигналы которых значительно превышают уровни сигналов помех.

Приемники супергетеродинного типа в значительной степени свободны от недостатков приемников прямого усиления, так как в них все принимаемые сигналы преобразуются в одну и ту же постоянную промежуточную частоту. Контуры промежуточной частоты приемника имеют фиксированную настройку и вследствие этого могут быть хорошо экранированы от посторонних сигналов; кроме того, они имеют малые габариты, ибо в них отсутствуют конденсаторы переменной емкости. Последнее обстоятельство позволяет даже в малогабаритных приемниках применить сравнительно большое количество контуров и тем самым получить хорошую избирательность. Подавляющее большинство современных приемников выполняется по супергетеродинным схемам.

Оценку избирательности приемника производят по той же схеме, что и измерение чувствительности (рис. 27). Наиболее просто это делается следующим образом: определив чувствительность приемника и заметив уровень выходного напряжения, перестраивают сигнал-генератор на 10 *кгц* выше или ниже по частоте и увеличивают его выходное напряжение до получения того же самого значения напряжения на выходе приемника, что и при измерении чувствительности. При этом модуляция частоты сигнал-генератора должна иметь то же значение, что и при измерении чувствительности (30%). Отношение напряжения на выходе сигнал-генератора при перестройке его на 10 *кгц* к напряжению на его выходе на основной частоте и будет характеризовать избирательность приемника. Затем сигнал-генератор перестраивают на 10 *кгц* в другую сторону и производят аналогичное измерение (подавление помех на частотах выше и ниже частоты настройки приемника может быть неодинаковым).

В технических характеристиках приемников величина избирательности обычно выражается в децибелах. Сравнить избирательность своего приемника с промышленным радиолюбители могут, рассчитав величину ослабления при расстройке на 10 *кгц*:

$$d = 20 \lg \frac{U_p}{U_q},$$

где d — ослабление мешающей станции, *дб*;
U_c — напряжение на входе приемника на частоте принимаемых сигналов, *мкв*;
U_p — напряжение на входе приемника при расстройке сигнал-генератора на ± 10 *кгц*, *мкв*.

В приемниках супергетеродинного типа возможны помехи от радиостанций, расположенных от принимаемой частоты на удвоенное значение промежуточной частоты (так называемые помехи по зеркальному каналу), а также от радиостанций, работающих на частотах, равных промежуточной частоте. Ослабление приемником этих помех называется избирательностью по зеркальному каналу и избирательностью по промежуточной частоте.

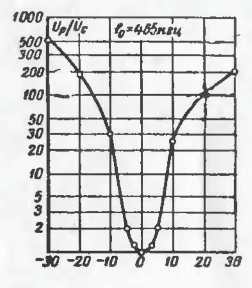


Рис. 28. Кривая избирательности приемника.

Измерение этих видов избирательности производится так же, как измерение избирательности по соседнему каналу, но сигнал-генератор в этих случаях настраивается на частоты: $f_c + 2f_{п.ч}$ при измерении избирательности по зеркальному каналу и $f_{п.ч}$ при измерении избирательности по промежуточной частоте (f_c — частота сигнала; $f_{п.ч}$ — промежуточная частота). Из-за погрешности градуировки шкалы сигнал-генератора обычно не удается сразу настроиться на указанные частоты. По шкале сигнал-генератора ориентировочно устанавливают заданную частоту, значительно (в 100—1 000 раз) увеличивают выходное напряжение и, перемещая настройку сигнал-генератора, добиваются максимального напряжения на выходе приемника. Затем регулировкой уровня сигнала ГСС напряжение на выходе приемника устанавливают таким, каким оно было при изменении чувствительности. Отношение выходного напряжения генератора на частотах $f_c + 2f_{п.ч}$ и $f_{п.ч}$ к напряжению на частоте f_c дает величину избирательности приемника на этих частотах.

Кроме указанных простых способов определения избирательности, для более полной оценки его избирательных свойств можно снять кривую избирательности приемника (рис. 28). В этом случае сигнал-генератор постепенно перестраивают в обе стороны от основной частоты, увеличивая напряжение на его выходе до получения одного и того же напряжения на выходе приемника. Диапазон перестройки сигнал-генератора (примерно $\pm 20 \div 30$ *кгц*) разбивают через 2—5 *кгц* и в каждой из этих точек определяют напряжение на выходе сигнал-генератора. Отношение выходных напряжений сигнал-генератора в каждой из этих точек к напряжению на резонансной частоте f_c откладывают на графике. Полученные точки соединяют плавной кривой, которая и является кривой избирательности приемника. Отношение напряжений на графике обычно откладывают в логарифмическом масштабе, так как линейный масштаб занял бы много места, особенно при значительных ослаблениях (в приемниках с хорошей избирательностью).

В приемниках супергетеродинного типа избирательность по соседнему и по зеркальному каналам измеряют на высшей частоте диапазона. Избирательность по промежуточной частоте измеряют на частотах диапазона, наиболее близких к промежуточной. Для

приемников с промежуточной частотой 465 *кгц* такими частотами будут конец средневолнового диапазона (520 *кгц*) и начало длинноволнового диапазона (430 *кгц*).

Выходная мощность приемника — мощность сигналов звуковой частоты, которая подводится к громкоговорителю приемника. Выходную мощность условно разделяют на максимальную выходную мощность — мощность, больше которой в данном приемнике получить нельзя; номинальную выходную мощность — мощность, при которой сигналы низкой частоты имеют допустимые с точки зрения

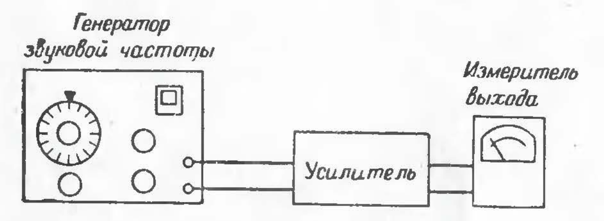


Рис. 29. Схема для измерения частотных характеристик.

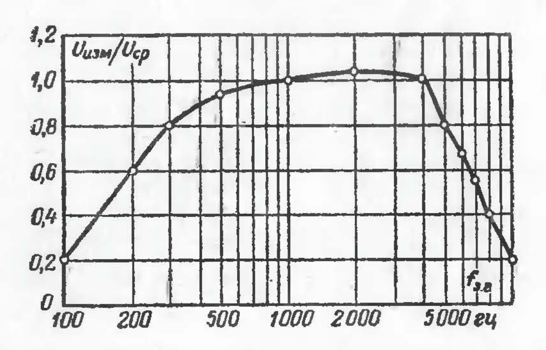


Рис. 30. Частотная характеристика приемника.

качества воспроизведения искажения, и нормальную мощность — мощность, соответствующую 0,1 от номинальной выходной мощности. Определением «нормальная выходная мощность» пользуются при измерении чувствительности приемника.

В малогабаритных приемниках выходная мощность обычно составляет доли ватт. Поэтому ее удобнее выражать тысячными долями ватта — милливаттами.

Частотные искажения. Качество звуковоспроизведения приемника зависит от степени искажений принимаемых сигналов. Эти искажения появляются, во-первых, от того, что резонансные контуры приемника ослабляют не только сигналы мешающих станций, но и часть полезных сигналов. Во-вторых, из-за имеющихся в уси-

лительной части приемника разделительных конденсаторов плохо усиливаются самые низкие колебания звуковых частот. Искажения, вызванные такой неравномерностью в усилении, называются частотными. О степени частотных искажений в приемнике можно судить по его частотной характеристике, причем частотная характеристика, снятая со входа приемника, называется сквозной частотной характеристикой, или кривой верности.

Схема, позволяющая снять частотную характеристику усилителя низкой частоты, приведена на рис. 29. Напряжение с выхода звукового генератора подается на вход усилителя низкой частоты приемника, а напряжение на выходе приемника измеряется вольтметром переменного тока. Установив на шкале генератора звуковой частоты среднюю частоту диапазона (800—1 000 *гц*), регулировкой ступенчатого и плавного аттенюаторов (делителей выходного напряжения) добиваются на выходе усилителя напряжения, соответствующего нормальной выходной мощности. После этого генератор настраивают на нижнюю воспроизводимую звуковую частоту (50—300 *гц*) и, поддерживая постоянный уровень сигнала на входе, записывают показания прибора на выходе усилителя. Отношение выходного напряжения усилителя на средней частоте (например, 1 000 *гц*) к напряжению на частоте измерения (50—300 *гц*) откладывают на графике. Разбив звуковой диапазон на ряд точек и произведя аналогичные измерения, строят частотную характеристику, соединяя плавной кривой полученные точки (рис. 30).

Рис. 31. Разложение кривой *1* на гармонические составляющие.

В высококачественных транзисторных приемниках и усилителях, качество звуковоспроизведения определяется как громкоговорителями, так и конструкцией корпуса. В малогабаритных и карманных приемниках качество воспроизведения подбирается соответствующими изменениями отдельных деталей схемы (резисторы, конденсаторы) при налаживании по звучанию передач.

Нелинейные искажения. Кроме частотных искажений, на качество звучания приемника влияют так называемые нелинейные искажения. Этот вид искажений (обычно проявляется в виде дребезжания в громкоговорителе) вызывается появлением в воспроизводимых сигналах новых частот, отсутствующих в передаваемой программе. Эти частоты появляются как гармонические составляющие воспроизводимых частот, форма которых искажается в результате нарушения режима работы.

О причинах нелинейных искажений можно судить по амплитудной характеристике приемника. Амплитудная характеристика снимается по схеме рис. 29 для низкочастотной части приемника.

Напомним, что амплитудной характеристикой называется зависимость выходного напряжения от напряжения на входе. В идеальном случае изменение этих напряжений должно быть прямо пропорционально друг другу. Однако практически, начиная с некоторого значения входного напряжения, выходное напряжение перестает увеличиваться, наступает ограничение, а иногда даже и падение выходного напряжения. Если на вход усилителя, имеющего нелинейную амплитудную характеристику, подать напряжение синусоидальной формы, то на выходе оно будет искажено. Известно, что получившаяся сложная форма кривой может быть составлена из нескольких простейших, кратных по частоте и различных по амплитуде, синусоидальных колебаний. Так, например, сложная кривая *1* (рис. 31) состоит из синусоиды *2*, имеющей частоту, равную частоте сложного колебания, и кривой *3* с частотой, вдвое большей, чем основная (так называемая 2-я гармоника).

О количественном составе вновь появившихся частот в исходном сигнале можно судить по коэффициенту нелинейных искажений, который измеряется специальными приборами и представляет собой отношение корня квадратного из суммы квадратов напряжений всех гармонических составляющих к напряжению основной частоты. В радиолюбительской практике измерение коэффициента нелинейных искажений обычно производят ориентировочно по форме выходного напряжения на экране осциллографа или просто по естественности звучания приемника.